

**Regulierung von Rapsschädlingen  
im ökologischen Winterrapsanbau  
durch den Misanbau mit Rüben  
(*Brassica rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Briggs)  
sowie den Einsatz  
naturstofflicher Pflanzenschutzmittel**

**Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum agriculturalum  
(Dr. rer. agr.)**

eingereicht an der  
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von  
Dipl.-Ing. agr. Tobias Ludwig

Dekan der  
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät  
Prof. Dr. Dr. h. c. Frank Ellmer

Gutachter: 1. PD Dr. habil. Stefan Kühne  
2. Dr. Bernd Ulber  
3. Prof. Dr. Dr. h. c. Frank Ellmer

Datum der Promotion: 08. November 2012



## INHALTSVERZEICHNIS

|   |            |
|---|------------|
| <b>Danksagung</b>   | <b>v</b>   |
| <b>Verzeichnis der Tabellen</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>Verzeichnis der Abbildungen</b>  | <b>xi</b>  |
| <b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>  | <b>xvi</b> |
| <b>1. Einleitung und Zielsetzung</b>  | <b>1</b>   |
| <b>2. Aktueller Wissensstand</b>  | <b>5</b>   |
| 2.1. Raps ( <i>Brassica napus</i> L. var. <i>napus</i> )                                      | 5          |
| 2.1.1. Botanik  | 5          |
| 2.1.2. Kulturansprüche/Kulturführung  | 6          |
| 2.1.3. Wirtschaftliche Bedeutung  | 7          |
| 2.2. Rübsen ( <i>Brassica rapa</i> L. var. <i>silvestris</i> (Lam.) Briggs)                   | 8          |
| 2.3. Tierische Schaderreger im Rapsanbau  | 9          |
| 2.3.1. Rapserdfloh ( <i>Psylliodes chrysocephala</i> L.)                                      | 9          |
| 2.3.2. Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.)                           | 11         |
| 2.3.3. Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.))             | 12         |
| 2.3.4. Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> Fabricius)                                   | 13         |
| 2.3.5. Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull)                           | 16         |
| 2.3.6. Kohlschotenmücke ( <i>Dasineura brassicae</i> Winn.)                                   | 17         |
| 2.4. Regulierungsstrategien von tierischen Schaderregern im ökologischen Rapsanbau            | 18         |
| 2.4.1. Indirekte Regulierungsmaßnahmen von tierischen Schaderregern im ökologischen Rapsanbau | 18         |
| 2.4.2. Direkte Regulierungsmaßnahmen von tierischen Schaderregern im ökologischen Rapsanbau   | 25         |
| <b>3. Material und Methodik</b>   | <b>32</b>  |
| 3.1. Versuchsstandorte  | 32         |
| 3.1.1. Geographische Lage, Topographie  | 32         |
| 3.1.2. Bodenbeschaffenheit  | 33         |
| 3.1.3. Klima  | 34         |
| 3.1.4. Fruchtfolge  | 34         |
| 3.1.5. Sortenwahl   | 35         |
| 3.1.6. Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung   | 35         |
| 3.1.7. Kulturführung  | 38         |
| 3.2. Kulturbegleitende Datenerfassungen   | 40         |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 3.2.1.    | Witterung .....   | 41        |
| 3.2.2.    | Vegetationsstadium .....  | 42        |
| 3.2.3.    | Bestandesdichte .....   | 42        |
| 3.2.4.    | Zeiternte .....   | 42        |
| 3.2.5.    | Ertragserhebung und Erntegutuntersuchungen.....                                   | 42        |
| 3.2.6.    | Bodenproben.....  | 43        |
| 3.2.7.    | Schädlingsaktivität und Aktivitätsdynamik der Schädlinge .....                    | 43        |
| 3.2.8.    | Schädlingsbonituren .....   | 44        |
| 3.3.      | Beschreibung der angewandten Pflanzenschutzmittel<br>und Zusatzstoffe .....       | 46        |
| 3.3.1.    | Spruzit® Neu (Wirkstoff: Natur-Pyrethrum) .....                                   | 46        |
| 3.3.2.    | SpinTor (Wirkstoff: Spinosad).....  | 47        |
| 3.3.3.    | Biscaya® (Wirkstoff: Thiaclopid).....   | 48        |
| 3.3.4.    | Agrinova-Milbenfrei (Wirkstoff: Kieselgur (SiO <sub>2</sub> )).....               | 48        |
| 3.3.5.    | Surround® (Wirkstoff: Kaolin) .....   | 49        |
| 3.3.6.    | Edasil® (Wirkstoff: Calcium-Bentonit).....  | 49        |
| 3.3.7.    | Pflanzenöl (Wirkstoff: Sonnenblumenöl).....                                       | 49        |
| 3.3.8.    | Zusatzstoff Rimulgan® (Wirkstoff: Rizinusöl).....                                 | 50        |
| 3.3.9.    | Zusatzstoff Nu-Film®-P (Wirkstoff: Kiefernöl).....                                | 50        |
| 3.3.10.   | Zusatzstoff Micula® (Wirkstoff: Rapsöl) .....                                     | 50        |
| 3.3.11.   | Quassia (Wirkstoff: Quassin).....   | 50        |
| 3.4.      | Einsatz einer Käfersammelmaschine als mechanische<br>Pflanzenschutzmaßnahme ..... | 51        |
| 3.5.      | Anwendung der Pflanzenschutzmittel im Freiland .....                              | 52        |
| 3.6.      | Anwendung der Pflanzenschutzmittel im Labor .....                                 | 54        |
| 3.6.1.    | Knospenstandversuch .....   | 55        |
| 3.6.2.    | Wahlversuch.....  | 56        |
| 3.6.3.    | Glasröhrchentest .....  | 57        |
| 3.6.4.    | Versuche zur Wirkstoffformulierung einer Gesteinsmehlbrühe.....                   | 58        |
| 3.7.      | Auswertung der Versuchsergebnisse .....   | 59        |
| 3.7.1.    | Wirkungsgrad der angewandten Pflanzenschutzmittel.....                            | 59        |
| 3.7.2.    | Kumulative Insektentage .....   | 59        |
| 3.7.3.    | Statistische Auswertung der Versuchsdaten .....                                   | 59        |
| <b>4.</b> | <b>V Versuchsergebnisse .....</b>   | <b>60</b> |
| 4.1.      | Witterung der Versuchsjahre .....   | 60        |
| 4.1.1.    | 2008/2009 .....   | 60        |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.1.2. | 2009/2010 .....   | 62 |
| 4.1.3. | 2010/2011 .....   | 63 |
| 4.2.   | Witterung im Zeitraum der Pflanzenschutzmittelanwendungen.....  | 64 |
| 4.2.1. | Standort Dahnsdorf und Trenthorst, 2009.....  | 64 |
| 4.2.2. | Standort Dahnsdorf und Trenthorst, 2010.....  | 64 |
| 4.2.3. | Standort Dahnsdorf, 2011 .....  | 66 |
| 4.3.   | Bodennährstoffgehalte .....   | 66 |
| 4.3.1. | 2008/2009 .....   | 66 |
| 4.3.2. | 2009/2010 .....   | 67 |
| 4.3.3. | 2010/2011 .....   | 69 |
| 4.4.   | Bestandesdichte.....  | 69 |
| 4.4.1. | 2008/2009 .....   | 69 |
| 4.4.2. | 2009/2010 .....   | 70 |
| 4.4.3. | 2010/2011 .....   | 71 |
| 4.5.   | Schädlingsaktivität und Aktivitätsdynamik der Schädlinge .....  | 71 |
| 4.5.1. | Schädlingsaktivität, 2009 .....   | 71 |
| 4.5.2. | Aktivitätsdynamik der Schädlinge, 2009.....   | 72 |
| 4.5.3. | Schädlingsaktivität, 2010 .....   | 74 |
| 4.5.4. | Aktivitätsdynamik der Schädlinge, 2010.....   | 75 |
| 4.5.5. | Schädlingsaktivität, 2011 .....   | 77 |
| 4.5.6. | Aktivitätsdynamik der Schädlinge, 2011.....   | 77 |
| 4.6.   | Regulierung der Stängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus</i> spp.) durch<br>Pflanzenschutzmittel am Standort Dahnsdorf .....                                       | 79 |
| 4.6.1. | 2009 .....  | 79 |
| 4.6.2. | 2010 .....  | 82 |
| 4.6.3. | 2011 .....  | 84 |
| 4.7.   | Regulierung der Stängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus</i> spp.) und Rapserdflöhe<br>( <i>Psylliodes chrysocephala</i> L.) durch den Mischanbau mit Rübsen ..... | 85 |
| 4.7.1. | Standort Dahnsdorf, 2009 .....  | 85 |
| 4.7.2. | Standort Dahnsdorf, 2010 .....  | 86 |
| 4.7.3. | Standort Dahnsdorf, 2011 .....  | 88 |
| 4.7.4. | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009.....   | 88 |
| 4.7.5. | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010.....   | 90 |
| 4.7.6. | Standort Liemehna, 2011 .....   | 92 |
| 4.8.   | Regulierung des Rapsglanzkäfers ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) durch<br>Pflanzenschutzmittel .....  | 94 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.8.1.  | Standort Dahnsdorf, 2009 .....   | 94  |
| 4.8.2.  | Standort Dahnsdorf, 2010 .....   | 96  |
| 4.8.3.  | Standort Dahnsdorf, 2011 .....   | 98  |
| 4.8.4.  | Standort Trenthorst (Blockanlage), 2009 .....  | 101 |
| 4.8.5.  | Standort Trenthorst (Blockanlage), 2010 .....  | 103 |
| 4.9.    | Regulierung des Rapsglanzkäfers ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) durch den Misanbau mit Rübsen ..... | 106 |
| 4.9.1.  | Standort Dahnsdorf, 2009 .....   | 106 |
| 4.9.2.  | Standort Dahnsdorf, 2010 .....   | 108 |
| 4.9.3.  | Standort Dahnsdorf, 2011 .....   | 110 |
| 4.9.4.  | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009 .....                                       | 113 |
| 4.9.5.  | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010 .....                                       | 115 |
| 4.9.6.  | Standort Liemehna, 2011 .....  | 117 |
| 4.10.   | Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Schotenschädlinge .....                                  | 119 |
| 4.10.1. | Standort Dahnsdorf, 2009 .....   | 120 |
| 4.10.2. | Standort Dahnsdorf, 2010 .....   | 120 |
| 4.10.3. | Standort Dahnsdorf, 2011 .....   | 120 |
| 4.10.4. | Standort Trenthorst (Blockanlage), 2009 .....  | 122 |
| 4.10.5. | Standort Trenthorst (Blockanlage), 2010 .....  | 123 |
| 4.11.   | Regulierung der Schotenschädlinge durch den Misanbau mit Rübsen .....                              | 124 |
| 4.11.1. | Standort Dahnsdorf, 2009 .....   | 124 |
| 4.11.2. | Standort Dahnsdorf, 2010 .....   | 124 |
| 4.11.3. | Standort Dahnsdorf, 2011 .....   | 125 |
| 4.11.4. | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009 .....                                       | 126 |
| 4.11.5. | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010 .....                                       | 128 |
| 4.11.6. | Standort Liemehna, 2011 .....  | 128 |
| 4.12.   | Ertrag und Ertragsstruktur .....   | 128 |
| 4.12.1. | Standort Dahnsdorf, 2009 .....   | 128 |
| 4.12.2. | Standort Dahnsdorf, 2010 .....   | 130 |
| 4.12.3. | Standort Dahnsdorf, 2011 .....   | 131 |
| 4.12.4. | Standort Trenthorst (Blockanlage), 2009 .....  | 131 |
| 4.12.5. | Standort Trenthorst (Blockanlage), 2010 .....  | 132 |
| 4.12.6. | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009 .....                                       | 133 |
| 4.12.7. | Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010 .....                                       | 133 |
| 4.12.8. | Standort Liemehna, 2011 .....  | 135 |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 4.13.      | Laborergebnisse zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln .....              | 135        |
| 4.13.1.    | Knospenstandversuche.....  | 135        |
| 4.13.2.    | Wahlversuch .....  | 138        |
| 4.13.3.    | Glasröhrchentest.....  | 140        |
| 4.13.4.    | Versuche zur Wirkstoffformulierung einer Gesteinsmehlbrühe .....         | 141        |
| <b>5.</b>  | <b>Diskussion.....</b>   | <b>142</b> |
| 5.1.       | Regulierung der Stängelschädlinge durch Pflanzenschutzmittel.....        | 142        |
| 5.2.       | Regulierung der Stängelschädlinge durch den Misanbau<br>mit Rübsen ..... | 145        |
| 5.3.       | Regulierung des Rapsglanzkäfers durch Pflanzenschutzmittel.....          | 148        |
| 5.4.       | Regulierung des Rapsglanzkäfers durch den Misanbau<br>mit Rübsen .....   | 158        |
| 5.5.       | Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Schotenschädigung.....         | 162        |
| 5.6.       | Regulierung der Schotenschädlinge durch den Misanbau<br>mit Rübsen ..... | 164        |
| 5.7.       | Kornertrag .....   | 166        |
| <b>6.</b>  | <b>Zusammenfassung .....</b>   | <b>174</b> |
| <b>7.</b>  | <b>Summary .....</b>   | <b>176</b> |
| <b>8.</b>  | <b>Ausblick .....</b>  | <b>178</b> |
| <b>9.</b>  | <b>Literaturverzeichnis.....</b>   | <b>180</b> |
| <b>10.</b> | <b>Eidesstattliche Erklärung.....</b>                                    | <b>196</b> |



## **DANKSAGUNG**

Viele Menschen haben mich während der Entstehung dieser Arbeit unterstützt – sie alle namentlich aufzuzählen würde sicherlich den Umfang dieser Danksagung sprengen.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Betreuer PD Dr. habil. Stefan Kühne, der mir immer mit wertvollen Ratschlägen und Tipps geholfen hat. Nicht zu vergessen ist darüber hinaus die Unterstützung durch seine Assistentin Britta Friedrich, die durch ihre wertvollen Hinweise einen bedeutenden Beitrag für diese Arbeit geleistet hat. Bei allen Anfragen zur Statistik waren mir Dr. Eckhard Moll und Dr. Bärbel Kroschewski immer eine große Hilfe, für die ich mich auf diesem Weg bedanken möchte. Prof. Dr. Dr. h. c. Frank Ellmer danke ich für die Unterstützung dieser Arbeit und die Möglichkeit der Promotion an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin.

Selbstverständlich wäre meine Promotion ohne die vielen fleißigen Mitarbeiter der Feldversuchsstandorte in Dahnsdorf und Trenthorst nicht möglich gewesen – auch ihnen gebührt ein großer Dank für die geleistete Arbeit.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei den mir nahestehenden Menschen, meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich durch alle Hochs und Tiefs, die eine solche Arbeit mit sich bringt, begleitet haben und mir immer zur Seite standen.

## VERZEICHNIS DER TABELLEN

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabelle 1:</b> Unterscheidungsmerkmale zwischen Raps und Rübsen<br>(PROPLANTA, 2006 b) .....  | 9  |
| <b>Tabelle 2:</b> Übersicht über die agronomischen Merkmale der an den<br>Versuchsstandorten verwendeten Rapssorten in den Versuchsjahren<br>2009, 2010 und 2011 .....   | 35 |
| <b>Tabelle 3:</b> Übersicht über den Versuchsaufbau und die Kulturführung an den drei<br>Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2008/2009 .....  | 39 |
| <b>Tabelle 4:</b> Übersicht über den Versuchsaufbau und die Kulturführung an den<br>Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009/2010 .....   | 39 |
| <b>Tabelle 5:</b> Übersicht über den Versuchsaufbau und die Kulturführung an den<br>Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2010/2011 .....   | 40 |
| <b>Tabelle 6:</b> Übersicht über die kulturbegleitenden Datenerfassungen an den drei<br>Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2008/2009 .....   | 40 |
| <b>Tabelle 7:</b> Übersicht über die kulturbegleitenden Datenerfassungen an den drei<br>Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009/2010 .....   | 41 |
| <b>Tabelle 8:</b> Übersicht über die kulturbegleitenden Datenerfassungen an den drei<br>Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2010/2011 .....   | 41 |
| <b>Tabelle 9:</b> Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den<br>Varianten, der Spritztechnik und der Witterungsbedingungen während<br>der Pflanzenschutzmittelanwendung an den Versuchsstandorten<br>Dahnsdorf und Trenthorst im Versuchsjahr 2009 .....  | 53 |
| <b>Tabelle 10:</b> Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den<br>Varianten, der Spritztechnik und der Witterungsbedingungen während<br>der Pflanzenschutzmittelanwendung an den Versuchsstandorten<br>Dahnsdorf und Trenthorst im Versuchsjahr 2010 ..... | 53 |
| <b>Tabelle 11:</b> Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den<br>Varianten, der Spritztechnik und der Witterungsbedingungen während<br>der Pflanzenschutzmittelanwendung an den Versuchsstandorten<br>Dahnsdorf und Trenthorst im Versuchsjahr 2011 ..... | 54 |
| <b>Tabelle 12:</b> Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den<br>Varianten für den Knospenstand- und Wahlversuch, Labor<br>Kleinmachnow .....   | 54 |
| <b>Tabelle 13:</b> Übersicht der beim Glasröhrchentest getesteten Aufwandmengen und<br>der hieraus resultierenden Wirkstoffkonzentrationen von Spinosad und<br>$\lambda$ -Cyhalothrin an den Innenwänden der Glasröhrchen. ....  | 57 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabelle 14:</b> Bodennährstoffgehalte (0–30 cm) der Versuchsstandorte Dahnsdorf, Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna im Frühjahr 2009 und 2010 mit P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , K <sub>2</sub> O, Mg und Bor (Herbst 2010) (mg 100 g <sup>-1</sup> Boden) sowie Angabe der Gehaltsklassen und des pH-Wertes jeweils differenziert in Raps-Reinsaat und Raps-Rübsen-Mischsaat. ....  | 67  |
| <b>Tabelle 15:</b> Schädlingsaktivität (kumulierte Fänge je Gelbschale) an den drei Versuchsstandorten in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull) für die Raps-Reinsaat und Raps-Rübsen-Mischsaat. ....   | 72  |
| <b>Tabelle 16:</b> Wirkungsgrad der angewandten Pflanzenschutzmittel auf den Median der Anzahl der Stängelschädlinge (Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapserdfloh ( <i>Psylliodes chrysocephala</i> L.) kumuliert) sowie auf den Median der Fraßganglänge, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. .... | 83  |
| <b>Tabelle 17:</b> Abundanz der Stängelschädlinge je m <sup>2</sup> (Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapserdfloh ( <i>Psylliodes chrysocephala</i> L.) kumuliert) (bezogen auf den Median) differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. ....  | 88  |
| <b>Tabelle 18:</b> Abundanz der Stängelschädlinge je m <sup>2</sup> (Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapserdfloh ( <i>Psylliodes chrysocephala</i> L.) kumuliert) (bezogen auf den Median) differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle).....  | 93  |
| <b>Tabelle 19:</b> Wirkungsgrad der am Versuchsstandort Dahnsdorf angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011.....  | 100 |
| <b>Tabelle 20:</b> Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.)) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.. ....  | 101 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabelle 21:</b> Wirkungsgrad der am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung in den Versuchsjahren 2009 und 2010. ....  | 104 |
| <b>Tabelle 22:</b> Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.)) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst.....   | 105 |
| <b>Tabelle 23:</b> Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat für das Jahr 2009 am Versuchsstandort Dahnsdorf.....  | 107 |
| <b>Tabelle 24:</b> Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat für das Jahr 2010 am Versuchsstandort Dahnsdorf.....  | 109 |
| <b>Tabelle 25:</b> Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat im Versuchsjahr 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.....   | 111 |
| <b>Tabelle 26:</b> Abundanz der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) je m <sup>2</sup> (bezogen auf den Median), differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.....  | 112 |
| <b>Tabelle 27:</b> Abundanz der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) je m <sup>2</sup> (bezogen auf den Median), differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) .....  | 118 |
| <b>Tabelle 28:</b> Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) .....  | 119 |
| <b>Tabelle 29:</b> Median der Anzahl der befallsfreien Schoten und der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) je Hauptschotenstand sowie prozentualer Anteil am Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Dahnsdorf..... | 121 |



|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabelle 30:</b> Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), der Schoten mit Ausbohröffnung durch den Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull) je Hauptschotenstand sowie prozentualer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante im Versuchsjahr 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. ....  | 122 |
| <b>Tabelle 31:</b> Median der Anzahl der befallsfreien Schoten und der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) je Hauptschotenstand sowie prozentualer Anteil am Gesamtschotenansatz in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage).....   | 123 |
| <b>Tabelle 32:</b> Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), der Schoten mit Ausbohröffnung durch den Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull), der aufgeplatzten Schoten durch die Kohlschotenmücke ( <i>Dasineura brassicae</i> Winn.) je Hauptschotenstand sowie relativer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. Dargestellt ist die Schädigung der Hauptschotenstände in der unbehandelten Kontrolle ..... | 125 |
| <b>Tabelle 33:</b> Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), der aufgeplatzten Schoten durch die Kohlschotenmücke ( <i>Dasineura brassicae</i> Winn.) je Hauptschotenstand sowie relativer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Liemehna. ....   | 127 |
| <b>Tabelle 34:</b> Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), der aufgeplatzten Schoten durch die Kohlschotenmücke ( <i>Dasineura brassicae</i> Winn.) je Hauptschotenstand sowie relativer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Großparzelle) .....  | 127 |
| <b>Tabelle 35:</b> Mittleres Tausendkorngewicht und mittlere Anzahl Körner je Schote, differenziert nach Raps und Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. ....   | 130 |
| <b>Tabelle 36:</b> Mittleres Tausendkorngewicht, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage). ....   | 133 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabelle 37:</b> Mittleres Tausendkorngewicht, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) sowie Anzahl Körner je Schote in den Versuchsjahren 2010 und 2011 am Versuchsstandort Liemehna ..... | 135 |
| <b>Tabelle 38:</b> Wirtschaftlichkeit der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Dahnsdorf und Trenthorst (Blockanlage) .....   | 169 |

## VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| <b>Abbildung 1:</b>  | Rapskäferfangmaschine (aus SCHLIPF, 1898).....  | 30 |
| <b>Abbildung 2:</b>  | Geographische Lage der drei Versuchsstandorte .....   | 33 |
| <b>Abbildung 3:</b>  | Luftbildaufnahme des Versuchsstandortes Dahnsdorf .....   | 36 |
| <b>Abbildung 4:</b>  | Schematische Darstellung der Versuchsanlage Trenthorst<br>(Blockanlage) in den Versuchsjahren 2009 und 2010 .....   | 37 |
| <b>Abbildung 5:</b>  | Schematische Darstellung der Versuchsanlage Trenthorst<br>(Großparzelle) in den Versuchsjahren 2009 und 2010 .....  | 37 |
| <b>Abbildung 6:</b>  | Schematische Darstellung der Versuchsanlage Liemehna in den<br>Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 .....   | 38 |
| <b>Abbildung 7:</b>  | Wiederergrünte Rapspflanzen in der Rapsreinsaat (Sorte „Robust“)<br>am Versuchsstandort Dahnsdorf, aufgenommen<br>am 05. August 2011 (Foto: LUDWIG) .....                               | 43 |
| <b>Abbildung 8:</b>  | Starker Besatz der Raps-Rübsen-Mischsaat mit<br>Geruchloser Kamille ( <i>Matricaria inodora</i> L.) am Versuchsstandort<br>Dahnsdorf, aufgenommen am 08. Juni 2011 (Foto: LUDWIG) ..... | 43 |
| <b>Abbildung 9:</b>  | Physiologische Knospenwelke am Versuchsstandort Trenthorst<br>im Frühjahr 2009 (Foto: BÖHM) .....   | 45 |
| <b>Abbildung 10:</b> | Einsatz der Käfersammelmaschine am Versuchsstandort<br>Trenthorst am 26. April 2010 (Foto: BÖHM) .....  | 52 |
| <b>Abbildung 11:</b> | Schematischer Aufbau des Knospenstandversuches, Labor<br>Kleinmachnow .....   | 55 |
| <b>Abbildung 12:</b> | Versuchsaufbau des Wahlversuches, Labor Kleinmachnow<br>(Foto: KÜHNE) .....   | 56 |
| <b>Abbildung 13:</b> | Versuchsaufbau des Glasröhrchentestes, Labor<br>Julius Kühn-Institut Braunschweig (Foto: MÜLLER) .....  | 58 |
| <b>Abbildung 14:</b> | Witterungsverlauf in den Versuchsjahren 2008/2009, 2009/2010<br>und 2010/2011 an den drei Versuchsstandorten im Vergleich zum<br>5-jährigen Mittel (2003 bis 2007) .....                | 61 |
| <b>Abbildung 15:</b> | Witterungsverlauf in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 für<br>den Zeitraum nach den Pflanzenschutzmittelanwendungen an den<br>Versuchsstandorten Dahnsdorf und Trenthorst .....    | 65 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Abbildung 16:</b> N <sub>min</sub> -Gehalte (kg ha <sup>-1</sup> ) des Bodens im Herbst und Frühjahr in den Versuchsjahren 2008/2009 und 2009/2010 an den Versuchsstandorten Dahnsdorf, Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna (hier auch 2010/2011) .....   | 68 |
| <b>Abbildung 17:</b> Bestandesdichten vor und nach Winter an den drei Versuchsstandorten Dahnsdorf, Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 differenziert nach Raps-Reinsaat und Raps-Rübsen-Mischsaat .....   | 70 |
| <b>Abbildung 18:</b> Aktivitätsdynamik der Schädlinge (Fänge je Gelbschale) und Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull) und Angabe der Maximaltemperatur .....               | 73 |
| <b>Abbildung 19:</b> Aktivitätsdynamik der Schädlinge (Fänge je Gelbschale) und Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2010, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull) und Angabe der Maximaltemperatur .....               | 76 |
| <b>Abbildung 20:</b> Aktivitätsdynamik der Schädlinge (Fänge je Gelbschale) und Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2011, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.), Kohlschotenrüssler ( <i>Ceutorhynchus assimilis</i> Paykull) und Angabe der Maximaltemperatur .....               | 78 |
| <b>Abbildung 21:</b> Median der Larvenanzahl der Stängelschädlinge (Großer Rapsstängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus napi</i> Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler ( <i>Ceutorhynchus pallidactylus</i> (Marsh.)), Rapserrdfloh ( <i>Psylliodes chrysocephala</i> L.) kumuliert) je Haupttrieb zum Ende der Blüte, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf..... | 80 |
| <b>Abbildung 22:</b> Median der Fraßganglänge je Haupttrieb zum Ende der Blüte, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf .....  | 81 |

- Abbildung 23:** Relativer Anteil der befallsfreien Haupttriebe und der mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) befallenen Haupttriebe, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf .....84
- Abbildung 24:** Einfluss des Rübsens auf den Befall der Haupttriebe der Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) und auf die Fraßganglänge je Haupttrieb zum Ende der Blüte in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. Dargestellt sind der Befall und die Fraßganglänge in der unbehandelten Kontrolle.....87
- Abbildung 25:** Einfluss des Rübsens auf den Befall der Haupttriebe der Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) zum Ende der Blüte in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) .....90
- Abbildung 26:** Einfluss des Rübsens auf die Fraßganglänge je Haupttrieb der Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat zum Ende der Blüte in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle).....92
- Abbildung 27:** Relativer Anteil der befallsfreien Haupttriebe und der mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) befallenen Haupttriebe, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) .....93
- Abbildung 28:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittel- und Kulturvariante am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2009 .....95
- Abbildung 29:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittel- und Kulturvariante am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2010 .....97

|  |     |
|--|-----|
| <b>Abbildung 30:</b> Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittel- und Kulturvariante am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2011 .....                                  | 99  |
| <b>Abbildung 31:</b> Rapspflanzen am Versuchsstandort Dahnsdorf nach der Anwendung von 12 kg ha <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> mit 12 l ha <sup>-1</sup> Sonnenblumenöl, 12 kg ha <sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) mit 0,6 l ha <sup>-1</sup> Kiefernöl und 24 kg ha <sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) mit 15 l ha <sup>-1</sup> Rapsöl. .... | 100 |
| <b>Abbildung 32:</b> Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) im Versuchsjahr 2009 .....                               | 102 |
| <b>Abbildung 33:</b> Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) im Versuchsjahr 2010 .....                               | 104 |
| <b>Abbildung 34:</b> Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2009 .....   | 107 |
| <b>Abbildung 35:</b> Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2010 .....   | 109 |
| <b>Abbildung 36:</b> Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapspflanzen der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2011 .....  | 111 |
| <b>Abbildung 37:</b> Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) im Versuchsjahr 2009 .....                    | 114 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Abbildung 38:</b> Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) im Versuchsjahr 2010 ..... | 116 |
| <b>Abbildung 39:</b> Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Liemehna im Versuchsjahr 2011.....                                      | 117 |
| <b>Abbildung 40:</b> Mittlerer Kornertrag, differenziert nach Raps-Rübsen-Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.....   | 129 |
| <b>Abbildung 41:</b> Mittlerer Kornertrag, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) .....   | 132 |
| <b>Abbildung 42:</b> Mittlerer Kornertrag, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle). ....  | 134 |
| <b>Abbildung 43:</b> Erster Knospenstandversuch. Mortalität der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante und der Zeit nach Exposition.....  | 136 |
| <b>Abbildung 44:</b> Zweiter Knospenstandversuch. Mortalität der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante und der Zeit nach Exposition.....   | 137 |
| <b>Abbildung 45:</b> Dritter Knospenstandversuch. Median der Anzahl der durch den Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) verursachten Fraßlöcher an den Rapsknospenständen nach 5 Tagen Käferbesatz in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante.....  | 138 |
| <b>Abbildung 46:</b> Wahlversuch. Mittlere Anzahl Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) auf den Rapsknospenständen in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante und der Zeit nach Exposition.....   | 139 |
| <b>Abbildung 47:</b> Glasröhrchentest. Mortalität der Rapsglanzkäfer ( <i>Meligethes aeneus</i> F.) und Stängelrüssler ( <i>Ceutorhynchus</i> spp.) beim Glasröhrchenversuch in Abhängigkeit des Wirkstoffes, der Konzentration sowie der Zeit nach Exposition.....   | 140 |
| <b>Abbildung 48:</b> Benetzungsversuch. Nahaufnahmen der Rapsblätter nach der Anwendung von 24 kg ha <sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) mit einem Zusatz von 0, 5, 10 und 15 l ha <sup>-1</sup> Rapsöl.....  | 141 |

## VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| A.B.                           | Arbeitsbreite   |
| Abb.                           | Abbildung   |
| a. i.                          | active ingredient (Wirkstoff)   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Aluminiumoxid   |
| BBCH                           | Biologische `B`undesanstalt, `B`undessortenamt<br>und `CH`emische Industrie   |
| C                              | Kohlenstoff   |
| CaO                            | Calciumoxid (Brannkalk)   |
| C <sub>t</sub>                 | Gesamt Kohlenstoff  |
| Cu                             | Kupfer  |
| d                              | Tage nach Pflanzenschutzmittelanwendung   |
| DWD                            | Deutscher Wetterdienst  |
| et al.                         | et alii (Maskulinum), et aliae (Femininum) et alia (Neutrum)  |
| Expr.                          | Rapssorte Express   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Eisenoxid   |
| GbR                            | Gesellschaft bürgerlichen Rechts  |
| h                              | Stunden nach Pflanzenschutzmittelanwendung  |
| JKI                            | Julius Kühn-Institut  |
| K <sub>2</sub> O               | Kaliumoxid  |
| KSM                            | Kohlschotenmücke  |
| KSR                            | Kohlschotenrüssler  |
| KTR                            | Gefleckter Kohltriebrüssler   |
| Konz.                          | Konzentration   |
| MgO                            | Magnesiumoxid   |
| Mio.                           | Million   |
| Misch                          | Mischsaat   |
| Mn                             | Mangan  |
| MVD                            | mittlerer volumetrischer Durchmesser. Je 50 % des zerstäubten<br>Gesamtvolumens haben Tropfen, deren Durchmesser kleiner oder<br>größer ist als der MVD |



|                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| N                             | Stickstoff                          |
| Na <sub>2</sub> O             | Natriumoxid                         |
| NH <sub>4</sub>               | Ammonium                            |
| N <sub>min</sub>              | mineralisierter Stickstoff          |
| N <sub>t</sub>                | Gesamt Stickstoff                   |
| o. J.                         | ohne Jahr                           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Phosphorpentoxid                    |
| REF                           | Rapserdfloh                         |
| Reins.                        | Reinsaat                            |
| RGK                           | Rapsglanzkäfer                      |
| Rob.                          | Rapssorte Robust                    |
| RSR                           | Großer Rapsstängelrüssler           |
| S                             | Schwefel                            |
| SAS                           | Statistical Analysis System         |
| Sch.egge                      | Scheibenegge                        |
| SiO <sub>2</sub>              | Siliziumdioxid                      |
| spp.                          | Mehrere Arten, Plural von species   |
| Tab.                          | Tabelle                             |
| TKG                           | Tausendkorngewicht                  |
| u. K.                         | unbehandelte Kontrolle              |
| Var.                          | Varietät / Variante                 |
| Vis.                          | Rapssorte Vision                    |
| vTI                           | Johann Heinrich von Thünen Institut |
| Wdh.                          | Wiederholung                        |
| Zn                            | Zink                                |



## 1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Raps (*Brassica napus*) aus Ökologischem Landbau erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Rapsöl bietet ein ernährungsphysiologisch optimales Fettsäuremuster und die Herkunft aus ökologischer Erzeugung stellt dabei für den gesundheitsbewussten Verbraucher einen zusätzlichen Wert dar. Ein weiterer Aspekt ist, dass nach der neuen EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 der Einsatz konventioneller Futtermittel in der ökologischen Tierhaltung in den nächsten Jahren zunehmend restriktiert wird und verbunden damit die Bedeutung von Rapspresskuchen aus ökologischer Herkunft als Proteinquelle in der Nutztierfütterung zunehmen dürfte.

Es kann somit festgestellt werden, dass sich die Vermarktungsbedingungen für Raps aus Ökologischem Landbau als durchaus positiv darstellen. Diese schlagen sich in hohen Erzeugerpreisen für diesen Rohstoff nieder. Im Zeitraum von 2009 bis 2011 wurden den Landwirten in Deutschland zwischen 49 und über 70 Euro für 1 dt Ökoraps ausgezahlt. Zum Vergleich: Der Preis für Ökoweichweizen zur Brotherstellung schwankte im selben Zeitraum für 1 dt zwischen 30 und 40 Euro (AMI, 2011).

Nicht nur die positiven wirtschaftlichen Rahmenbedingungen machen den Anbau von Raps im Ökologischen Landbau interessant, auch aus ackerbaulicher Sicht ist der Raps eine wertvolle Kultur in der Fruchtfolge. Durch seine tiefreichenden Wurzeln wird der Boden mit organischem Material angereichert, welches für den Aufbau von Humus und die Aktivierung des Bodenlebens unentbehrlich ist, so dass der "Garezustand" verbessert wird. Hinzu kommt die hohe Stickstoffaufnahme der Rapspflanze. Besonders Winterraps ist in der Lage, in der Vorwinterentwicklung viel Stickstoff (über 50 kg N ha<sup>-1</sup>) anzureichern. Durch diese Senkenfunktion des Rapses wird die Auswaschung von Stickstoff in tiefere Bodenschichten im Winterhalbjahr vermindert (BECKER & LEITHOLD, 2011). Dies ist gerade in nährstofflimitierten Anbausystemen wie dem Ökologischen Landbau von besonderer Bedeutung. Trotz dieser vielfältigen positiven Eigenschaften ist der Anbauumfang von Raps im Ökologischen Landbau sehr gering. Weltweit werden etwa 70.200 ha Rapsanbaufläche nach den Richtlinien des Ökologischen Landbaus bewirtschaftet. Dies entspricht einem Anteil an der gesamten Rapsanbaufläche von ca. 0,2 % (FiBL, 2012). Flä-

chenmäßig das bedeutendste Anbauland ist die Ukraine mit knapp 20.000 ha. Auf europäischer Ebene ist Rumänien mit 12.700 ha Anbaufläche das bedeutendste Anbauland, mit deutlichem Abstand gefolgt von Deutschland mit 4.000 ha und Frankreich mit gut 2.000 ha Anbaufläche. Die Anbaufläche in den übrigen europäischen Ländern schwankt zwischen 2.000 ha und unter 100 ha Anbaufläche. In fast allen europäischen Ländern stagniert die Anbaufläche, teilweise sind Rückgänge zu verzeichnen (AMI, 2011). Der Anteil der Ökorapsanbaufläche gemessen an der gesamten Rapsanbaufläche ist verschwindend gering. Er beträgt in Deutschland beispielsweise gerade einmal 0,4 %. Die zwischen den Anbaujahren teils starken Schwankungen der Anbaufläche von Raps aus Ökologischem Landbau machen die zu erwartenden Erntemengen für die verarbeitende Industrie unkalkulierbar. So muss in Deutschland beispielsweise Raps aus Ökologischem Landbau zur Verarbeitung importiert werden (REINBRECHT et al., 2004).

Ein bedeutender Grund für die mangelnde Anbaubereitschaft für Ökoraps ist – neben dem anspruchsvollen Nährstoff- und Unkrautmanagement – besonders in dem zahlreichen Auftreten verschiedener tierischer Schaderreger (ALFORD, 2003) zu suchen, die den Raps zu unterschiedlichsten Punkten seiner Entwicklung schädigen. Dieser Sachverhalt wird auch bei Betrachtung des durchschnittlichen Behandlungsindex (BI) für Insektizide deutlich. Der BI stellt die Anzahl von Pflanzenschutzmittel-Anwendungen auf einer betrieblichen Fläche, in einer Kultur oder in einem Betrieb unter Berücksichtigung von reduzierten Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen dar, wobei bei Tankmischungen jedes Pflanzenschutzmittel gesondert zählt (ANONYMUS, 2008). Er beläuft sich im Jahr 2009 im konventionellem Raps auf einen sehr hohen Wert von 2,8 Pflanzenschutzmittel-Anwendungen (zum Vergleich: Winterweizen 0,9) (FREIER et al., 2010). Der ökologisch produzierende Landwirt kann für die direkte Schädlingsregulierung momentan (Januar 2012) auf keine zugelassenen naturstofflichen Pflanzenschutzmittel zurückgreifen und ist deshalb auf die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln im eigenen Betrieb (z. B. pflanzliche Öle außer Rapsöl), sowie das Nutzen von positiven Nebeneffekten von Pflanzenstärkungsmitteln (bspw. Gesteinsmehle) angewiesen. Somit liegt der Fokus – noch stärker als ohnehin in diesem Anbausystem üblich – auf pflanzenbaulichen Maßnahmen, wie etwa dem Anbau von Fangpflanzen. Diese indirekten Maßnahmen sind in Jahren mit hohem Schädlingsauftreten jedoch völlig unzureichend in ihrem Regulierungserfolg. So raten beispielsweise REINBRECHT et al. (2004) nach dem

Anbau von Raps unter ökologischen Anbaubedingungen an fünf Versuchsstandorten von dieser Kultur ab, da der Anbau mit zu großen Risiken behaftet sei. Zwar werden in der Literatur für Ökoraps Ertragspotenziale von bis zu 35 dt ha<sup>-1</sup> angegeben (KTBL, 2010), dabei ist allerdings zu beachten, dass die Erträge vor allem durch den Befall mit Schaderregern starken Schwankungen unterworfen sind und gerade der Raps im Vergleich zu anderen Ölfrüchten den geringsten Spielraum für Ertragsschwankungen aufweist (ARP et al., 2009). In schädlingsstarken Anbaujahren ist sogar ein Totalausfall der Ernte möglich, welcher schon frühere Auswertungen von Forschungsarbeiten zum Thema Raps- und Ölfrüchtanbau im Ökologischen Landbau erschwerte (REINBRECHT et al., 2004; BÖHM, 2007; WEIHER et al., 2007). Folglich besteht ein deutlicher Forschungsbedarf zur direkten Kontrolle der tierischen Schaderreger im ökologischen Rapsanbau. Eine zusätzliche Verschärfung der Schaderregerproblematik im ökologischen Rapsanbau ist durch die zunehmenden Resistenzen im integrierten Rapsanbau zu erwarten. Als Beispiele kann hier die Resistenz des Rapsglanzkäfers gegenüber den synthetischen Pyrethroiden (HEIMBACH et al., 2006) oder neuerdings auch gegenüber der Wirkstoffklasse der Neonicotinoide (MÜLLER et al., 2011) genannt werden. Die bisherige erfolgreiche Regulierung der Schaderreger im integrierten Rapsanbau hatte eine Minderung des Schädlingsdruckes auch für den ökologischen Rapsanbau zur Folge. Mit zunehmenden Resistenzen dürfte diese Schutzfunktion vermutlich zunehmend geringer werden, wodurch langfristig ein Anstieg des Schaderregerdruckes im ökologischen Rapsanbau zu erwarten ist. Die Erforschung direkter Kontrollmechanismen der tierischen Schaderreger für den ökologischen Rapsanbau wird vor diesem Hintergrund somit noch dringender. Von den Forschungsergebnissen zur alternativen Schädlingsregulierung könnte letztendlich auch der integrierte Rapsanbau im Rahmen einer Antiresistenzstrategie profitieren.

Ziel des dreijährigen, vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) geförderten Projektes war es, pflanzenbauliche und direkte Regulierungsmaßnahmen zur Kontrolle der tierischen Schaderreger im ökologischen Rapsanbau in ihrer Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit zu überprüfen.

Schwerpunkt dieser Arbeit bildet die Untersuchung des schädlingsreduzierenden Einflusses von Rübsen (*Brassica rapa*) als sogenannte Fangpflanze in Mischsaat zusammen mit Raps (*Brassica napus*). Ziel ist es, die Schädlinge durch den Rübsen

von der Rapspflanzen abzulenken und fernzuhalten. Für den Vergleich zur Mischsaat dient eine Raps-Reinsaat. Als weiterer Schwerpunkt wird die Anwendung von verschiedenen naturstofflichen Pflanzenschutzmitteln sowie nach § 6a des Pflanzenschutzgesetzes selbst hergestellter Pflanzenschutzmitteln zur Regulierung von Rapsschädlingen unter Feldbedingungen getestet. Ergänzend zu den Feldversuchen finden Versuche im Labor statt. Diese dienen zum einen der Absicherung der Ergebnisse aus den Feldversuchen und zum anderen der Überprüfung von alternativen Wirkstoffen. Die Optimierung der Formulierungen für eine selbst hergestellte Gesteinsmehlbrühe bildet einen weiteren Schwerpunkt der Laborversuche.

Der Erfolg der getesteten Regulierungsmaßnahmen wird durch folgende Hypothesen überprüft:

- Rübsen ist für die Rapsschädlinge verglichen mit dem Raps in der Mischsaat attraktiver.
- Der Raps in der Mischsaat ist im Vergleich zum Raps in der Reinsaat signifikant weniger mit Rapsschädlingen befallen.
- Die Mischsaat erzielt gegenüber der Reinsaat einen signifikant höheren Kornertrag.
- Die angewandten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel reduzieren den Befall mit Rapsschädlingen signifikant.
- Durch die Anwendung von naturstofflichen Pflanzenschutzmitteln wird im Vergleich zu der unbehandelten Kontrolle ein wirtschaftlicher Mehrertrag erzielt.
- Die Kombination von Pflanzenschutzmittelanwendung und Mischsaat erzielt im Vergleich zu der Kombination von Pflanzenschutzmittelanwendung und Reinsaat einen signifikant höheren Kornertrag.

Die Überprüfung der Hypothesen erfolgt im Kapitel Diskussion (S. 142 ff.)

## 2. AKTUELLER WISSENSSTAND

### 2.1. Raps (*Brassica napus* L. var. *napus*)

#### 2.1.1. Botanik

Raps gehört zur Familie der Kreuzblütler (Brassicaceae). Als relativ junge Kulturpflanze ist er aus einer Kreuzung zwischen dem wilden Gemüsekohl (*Brassica oleracea*) und Rübsen (*Brassica rapa*) hervorgegangen. Als Ursprungsgebiet wird das südliche Europa vermutet (KIMBER & MC GREGOR, 1995).

Es gibt die überjährige Winterform und den einjährigen Sommerraps, der in Deutschland für den Anbau von untergeordneter Bedeutung ist. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich deshalb auf den Winterraps (AIGNER et al., 1998; DIEPENBROCK et al., 2009). Aufgrund seiner Zugehörigkeit zur Familie der Kreuzblütler, enthält der Raps die für diese Pflanzenfamilie so charakteristischen Glucosinolate. Es handelt sich hierbei um schwefelhaltige, sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe.

Die dicotyle Pflanze keimt epigäisch und überdauert den Winter mit einer kräftigen Blattrosette. Bereits zu diesem Zeitpunkt reicht die Wurzel 20 cm tief, als Pfahlwurzler dringt der Raps in der Vegetationsperiode in Bodenschichten unter einem Meter vor. Im Frühjahr findet das Streckungswachstum statt, je nach zur Verfügung stehender Standfläche bilden sich neben dem Haupttrieb diverse Verzweigungen aus, die maßgeblich den Ertrag mit beeinflussen. Der Pflanzenstängel bleibt unbehaart, die Blätter sind bläulich-grün gefärbt. Der Raps erreicht Wuchshöhen von über 150 cm. Ende April bis Anfang Mai erscheinen an den Enden der Triebe die charakteristischen gelben, traubig angeordneten Blütenstände. Die Blüte beginnt zuerst am Haupttrieb von unten nach oben, gefolgt von den Nebentrieben. Wie bei allen Kreuzblütlern weist die Blüte vier unverwachsene, kreuzständig angeordnete Kronblätter auf. Bei der Bestäubung kommt es neben der Selbstbefruchtung auch zur Befruchtung durch diverse Insektenarten, etwa Wildbienen, Honigbienen (Rapshonig) oder auch Hummeln. Die Ausbreitung des Pollens mit dem Wind spielt eine untergeordnete Rolle (KÜHNE, 2003). Die ausgebildete Frucht ist eine bis zu 10 cm lange Schote. Diese bildet sich entsprechend der Reihenfolge des Erblühens, so dass an einem Blütenstand sowohl Schoten wie auch Blüten vorzufinden sind. Die Schoten enthalten rund 20 Samen.

Die Samen sind überwiegend dunkel gefärbt, auch einige gelbliche und rötliche Samen sind völlig normal.

Der ausgereifte Samen enthält in der Regel mindestens 40 % Öl. Dieses setzt sich zu etwa 60 % aus der einfach ungesättigten Ölsäure zusammen, der Rest entfällt auf etwa 20 % Linol-, 10 % Linolen- und auf weniger als 10 % gesättigte Fettsäuren. Der Gehalt an Erucasäure liegt bei den heutigen 00-Sorten meist bei 0,1 bis 1 %, von den Ölmühlen werden bis 2 % toleriert (SCHUMANN et al., 2011).

### **2.1.2. Kulturansprüche/Kulturführung**

Die kleinsamige Saat des Rapses – das Tausendkorngewicht liegt etwa zwischen 4 g und 6 g – verlangt ein feinkrümeliges, gut abgesetztes Saatbett (GRAF et al., 2008). Die Saat erfolgt flach (1 bis 2 cm) um Mitte August herum. Ziel ist es, dass sich vor dem Winter noch eine Blattrosette mit sechs bis acht Blättern und ein Wurzelhalsdurchmesser von etwa 8 mm ausbilden kann. Hierfür benötigt der Raps zwischen 80 bis 100 Tage Vegetationszeit. Eine zu üppige oder zu schwache Entwicklung führt zu erhöhten Auswinterungsverlusten. Auf Bodenverdichtungen und Staunässe reagiert der Raps als Pfahlwurzler empfindlich. Prinzipiell gilt die Aussage, dass guter Weizenboden gleichbedeutend mit gutem Rapsboden ist (I.M.A-AGRAR, 2012). Hieraus ergibt sich häufig ein Konflikt in der Gestaltung der Fruchtfolge. Ausgesät werden in der Regel 40 bis 60 keimfähige Körner je m<sup>2</sup>. Je später die Aussaat und je ungünstiger der Standort, desto höher die Aussaatmenge. Der Reihenabstand variiert zwischen 12 cm und > 20 cm, im ökologischen Rapsanbau werden weite Reihen mit nachfolgender Unkrautregulierung durch Hackeinsatz bevorzugt.

Raps hat einen hohen Stickstoffbedarf. Bei einem Kornertrag von 35 dt ha<sup>-1</sup> benötigt Raps bis zur Ernte ca. 230 kg ha<sup>-1</sup> Stickstoff, etwa 70 kg N ha<sup>-1</sup> werden bis zum Winter entzogen, bis zum Schossen im Frühjahr benötigt die Kultur zwei Drittel ihres Gesamtstickstoffbedarfs (AIGNER et al., 1998). Für den ökologisch wirtschaftenden Betrieb stellt dies eine Herausforderung an das Stickstoffmanagement dar, insbesondere die langsamere Nährstoffmineralisation aus der organischen Masse im Frühjahr und die häufig für eine Güllegabe nicht oder erst spät zu befahrenen Flächen verzögern die Entwicklung der Rapsbestände im Frühjahr. Auch an den anderen Hauptnährstoffen hat der Raps einen hohen Bedarf: Als Grunddüngung werden bei einem Kornertrag von 35 dt ha<sup>-1</sup> etwa 60 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,



100 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O und 15 kg ha<sup>-1</sup> MgO (bei Bodengehaltsklasse C) angestrebt. Als Kreuzblütler hat der Raps einen Bedarf von etwa 20 bis 40 kg ha<sup>-1</sup> Schwefel, der Borbedarf ist höher als bei anderen Feldkulturen, ein Gehalt von 0,3 (leichte) bis 0,8 (schwere Böden) mg kg<sup>-1</sup> Boden gelten als ausreichend (AIGNER et al., 1998).

Um der Infektion mit Pilzkrankheiten vorzubeugen, wie beispielsweise der Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*), sollte der Fruchtfolgeanteil von Raps und anderen Kreuzblütlern (bspw. Gemüsekulturen) nicht über 25 % liegen. Auch viele der tierischen Schaderreger werden durch einen zu hohen Anteil von Raps in der Fruchtfolge gefördert. Auf diese wird in Kapitel 2.3. (S. 9) näher eingegangen.

### **2.1.3. Wirtschaftliche Bedeutung**

Vor ca. 50 Jahren wurde Rapsöl noch nicht für den Konsum, sondern überwiegend als Schmierstoff oder Brennstoff für Öllampen genutzt. Erst in den vergangenen 30 Jahren wurde der Rapsanbau international bedeutend (LAMB, 1989). In Deutschland begann der flächenmäßig bedeutende Anstieg des Rapsanbaus in den 1980er Jahren. Dieser Anstieg liegt in der Züchtung begründet. Enthielt der Rapssamen zunächst noch Erucasäure und Glucosinolate, wurde durch die Züchtung vorerst die für den Menschen schädliche Erucasäure durch die wertvolle Ölsäure ersetzt, der erste sogenannte 0-Raps wurde 1974 angebaut. In den achtziger Jahren konnte dann der Glucosinolatgehalt unter 10 % des Ausgangswertes gezüchtet werden, es entstand der sogenannte 00-Raps. Nun konnten auch die bei der Ölgewinnung anfallenden Restprodukte in höherem Maße als Tierfuttermittel eingesetzt werden (UFOP, 2009). Der Grenzwert für Glucosinolate in den Samen einer 00-Sorte beträgt heute max. 25 µmol g<sup>-1</sup> (SCHUMANN et al., 2011).

Zur Ernte 2010 wurden in Deutschland auf einer Fläche von rund 1,47 Mio. ha etwa 5,8 Mio. t Rapssaate erzeugt (AMI, 2011), dies entspricht einem durchschnittlichen Ertrag von ca. 39 dt ha<sup>-1</sup>. Neben der klassischen Verwendung als Speiseöl und der Verfütterung der Nebenprodukte als wertvolles Futtermittel dient Rapsöl auch zur Herstellung von Ölen und Schmierstoffen. Ein wichtiger Verwertungszweig, der gleichwohl stark an die politischen Entscheidungen gebunden ist, stellt die Nutzung von Raps als Biokraftstoff dar.

Langjährige Angaben zu Erträgen im ökologischen Rapsanbau liegen nur unzureichend vor. VON BONIN (2011) ermittelt nach 30 Jahren (!) Anbau von Raps im Ökologischen Landbau am Standort Rüthen (Märkischer Kreis) einen

Durchschnittsertrag von 21,4 dt ha<sup>-1</sup>, wobei die Erträge starken Schwankungen unterworfen waren. Ergebnisse aus Sachsen (KOLBE, 2004) belegen mit 5 bis 28,5 dt ha<sup>-1</sup> die enorme Schwankungsbreite der Rapsenerträge. Die Saat wird fast ausschließlich für die Speiseölherstellung verwendet, eine energetische Verwertung von ökologisch angebauten Ölsaaten ist gegenwärtig für die meisten Betriebe unökonomisch, wozu hohe Produktionskosten und geringe Erträge beitragen (PAULSEN et al. 2007). Die bei der Speiseölherstellung hierbei anfallenden Restprodukte werden verfüttert, wenngleich Extraktionsschrote in der ökologischen Nutztierfütterung verboten sind und nur für den Einsatz von Rapskuchen eine Zulassung nach EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 vorliegt.

## **2.2. Rübsen (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Briggs)**

Die Verbreitung von Rübsen kann bis zu 2.000 Jahre zurückverfolgt werden. Es handelt sich dabei um die älteste der Brassica-Species (KIMBER & MC GREGOR, 1995). Rübsen wird als Sommerform für die Gewinnung von Öl hauptsächlich in Kanada, einigen Regionen in Nordeuropa und in Asien angebaut (GU et al., 2003; ZHANG et al., 2004), während der Anbau in Deutschland auf den Zwischenfruchtanbau beschränkt ist. Es gibt gelbsamige Formen, deren Öl-Qualität besser als die des Rapses ist (REINBRECHT et al., 2004). Trotz der sehr nahen Verwandtschaft von Raps und Rübsen sind die morphologischen Merkmale verschieden. Der Ertrag und der Ölgehalt sind beim Rübsen niedriger als beim Raps, allerdings ist der Rübsen dem Raps hinsichtlich Winterhärte und Robustheit überlegen. Hierin liegt auch der Schwerpunkt des Anbaus in den skandinavischen Ländern begründet (PROPLANTA, 2006 a). Gegenüber Winterraps hat der Winterrübsen in der Vegetationsperiode einen Entwicklungsvorsprung von etwa 5 bis 10 Tagen (NILSSON, 2004). Tabelle 1 (S. 9) gibt eine Übersicht zu den wichtigsten Unterscheidungsmerkmalen von Raps und Rübsen.

**Tabelle 1:** Unterscheidungsmerkmale zwischen Raps und Rübsen (PROPLANTA, 2006 b)

| Pflanzenmerkmal | Raps ( <i>Brassica napus</i> )                                   | Rübsen ( <i>Brassica rapa</i> )                           |
|-----------------|--|---|
| Wurzel          | gleichmäßig dick, langsam verschmälernd                          | oben dick, konisch verschmälernd                          |
| Blattfarbe      | dunkelgrün-bläulich  | grasgrün  |
| Blattbehaarung  | unbedeutend behaart  | stark behaart   |
| Stängel         | kräftig, dick  | dünn  |
| Stängelblätter  | Stängel halb umfassend   | Stängel ganz umfassend                                    |
| Blütenstand     | verlängerte Trauben, Knospen deutlich über den geöffneten Blüten | doldentraubig, offene Blüten stehen höher als die Knospen |
| Kelchblüten     | anliegend, oder schwach abstehend                                | waagrecht abstehend                                       |
| Staubbeutel     | vor der Reife an der Spitze oft roter Punkt                      | ohne roten Punkt  |
| Schoten         | fast waagrecht abstehend   | schräg aufwärts gerichtet                                 |
| Samenfarbe      | blau-schwarz bis dunkelbraun                                     | braun bis rotbraun  |
| TKG Winterform  | 4 bis 6 g  | 2 bis 4 g   |
| TKG Sommerform  | 2,4 bis 4,4 g  | 2 bis 3,5 g   |
| Ölgehalt        | 40 bis 50 %  | etwas niedriger   |

## 2.3. Tierische Schaderreger im Rapsanbau

Raps enthält die für Kreuzblütler typischen Glucosinolate. Wird das Pflanzengewebe – etwa durch Fraß – zerstört, werden aus den Glucosinolaten durch das Enzym Myrosinase Senföle freigesetzt. Diese Freisetzung ist als Abwehrreaktion der Pflanze auf Verletzungen anzusehen (KLEINWÄCHTER, 2008). Bei den Schaderregern, die den Raps in seiner elfmonatigen Kulturzeit befallen, handelt es sich folglich nahezu ausschließlich um auf Kreuzblütler spezialisierte Erreger (LAMB, 1989; BARTLET, 1996).

Im Folgenden wird auf die Schädlinge näher eingegangen, die in der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sind. Die für eine Behandlungsentscheidung angegebenen Schwellenwerte sind aus dem integrierten Landbau übernommen.

### 2.3.1. Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.)

#### Biologie

Der zur Familie der Blattkäfer (Coleoptera: Chrysomelidae) gehörende Rapserrdfloh ist neben den Schnecken der zeitlich zuerst auftretende Schädling in der Rapskultur (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW, 2012). Der Zuflug erfolgt bereits ab

Anfang September. Der 3 bis 4,5 mm lange Käfer ist glänzend schwarz-blau bis grün-blau gefärbt mit gepunkteten Streifen. Der Vorderkopf, die Fühlerbasis und die Beine sind gelb-rot gefärbt. Die Hinterschenkel sind stark verdickt – der Erdfloh weist ein gutes Sprungvermögen auf. Ab September, bei einer Temperatur von 16 bis 20 °C, wandern die Käfer in Schüben in die Rapskulturen ein und fressen an den jungen Rapspflanzen. Die Aktivität ist ein bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang am höchsten. Etwa anderthalb Wochen nach Einflug beginnen die Weibchen mit der Eiablage. Die Eier werden meist in Gruppen von drei bis sechs Eiern in Pflanzennähe 1 bis 2 cm tief in den Boden gelegt. Die Eiablage erfolgt bis zu einer Temperatur von etwa 5 °C. Ein Weibchen kann bis zu 1.000 Eier legen. Die schlüpfenden, stark feuchtigkeitsabhängigen Larven besiedeln die Blattstiele und später auch die Stängel zum Fraß. Die ausgewachsenen Larven sind etwa 7 mm lang, sehr schmal geformt und weisen drei charakteristische Brustbeinpaare auf. Einige Larven begeben sich noch vor dem Winter, die übrigen in der Regel im Mai/Juni zur Verpuppung in den Boden.

#### Schadbild, wirtschaftliche Bedeutung, Schwellenwerte

Der Rapsdflöschchen verursacht insbesondere in küstennahen Gebieten bedeutende Schäden. Die adulten Käfer verursachen Fraßschäden an den Blättern der jungen Rapspflanze. Hingegen noch größer ist der Schaden durch die Larven einzuschätzen. Durch den Fraß im Inneren der Pflanzen kommt es zur Schwächung und in Zusammenhang mit dem Eindringen von Wasser zum Verfaulen beziehungsweise Aufplatzen der Pflanzen in Kombination mit winterlichen Frostereignissen. Wird der Vegetationskegel zerstört, kommt es zum Verlust der ganzen Pflanze, der Bestand winterst aus. So ist neben der Larvenzahl auch deren Verteilung innerhalb der Pflanze von Bedeutung für das Ausmaß der Schädigung. Je mehr Larven sich auf den Haupttrieb mit seiner empfindlichen Endknospe konzentrieren, desto wahrscheinlicher ist die Zerstörung des Vegetationskegels (NUSS & ULBER, 2001). Aufgrund des frühen Auftretens des Schädling ist Sommerraps nicht betroffen. Als Bekämpfungsschwelle werden 10 % zerstörte Blattfläche bzw. 50 Käfer in drei Wochen pro Gelbschale zu Grunde gelegt – es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Anzahl der Käfer und der später auftretenden Anzahl der Larven. Im Spätherbst und Frühjahr orientiert man sich an der Anzahl der Larven (drei bis fünf je Pflanze). Diese können zumindest teilweise

als einzige von allen Rapsschädlingen durch Insektizide erfasst werden, da sie sich häufig in den äußeren Gewebeschichten der Pflanzen aufhalten (GARBE et al., 1996).

### **2.3.2.    Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.)**

#### Biologie

Der zur Familie der Rüsselkäfer (Coleoptera: Curculionidae) gehörende Große Rapsstängelrüssler tritt im zeitigen Frühjahr auf. Ab einer Bodentemperatur von 6 °C in 2 cm Tiefe und einer Lufttemperatur von 9 bis 12 °C beginnt der Zuflug aus den Überwinterungsquartieren (HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1983) – den vorjährigen Rapsfeldern – in die neuen Rapskulturen. Die Käfer sind 3 bis 4 mm groß und matt schwarz-grau gefärbt. Ihr Kopf weist eine charakteristische, rüsselartige Verlängerung auf, an deren Ende die Mundwerkzeuge sitzen.

Nach einem kurzen Reifungsfraß von wenigen Tagen beginnt das Weibchen mit der Eiablage in die Stängel der Rapspflanze. Pro Weibchen werden etwa 60 Eier abgelegt. Als Einstichstelle wird junges, sich differenzierendes Gewebe bevorzugt – die Eiablage erfolgt meist unter der Triebspitze. Hinzu kommt eine Präferenz der Eiablage für dickere Stängel, und ab einer Sprosslänge des Haupttriebes von ca. 22 cm ist die Eiablage vermindert (BÜCHI, 1996). Die ausgewachsenen Larven sind ca. 7 mm groß, länglich-oval geformt, haben keine Beine und weisen an ihrem hinteren Körperteil warzenartige Fortsätze auf. Sie fressen das Mark im Stängelinernen. Etwa gegen Ende der Blüte verlassen die Larven die Rapspflanze, ihre Ausbohröffnungen sind häufig in den Blattachseln zu finden. Die Verpuppung der Larven findet im Boden statt, wo sie bis zum Frühjahr überdauern.

Die Rüsselkäfer sind in der Regel nur auf der Winterform der Brassica-Ölpflanzen zu finden (KIMBER & MC GREGOR, 1995).

#### Wirtschaftliche Bedeutung, Schwellenwerte

Der Schaden des Großen Rapsstängelrüsslers wird zum einen durch die Eiablage in den Stängel verursacht. Durch das Einstechen in den Stängel und die Absonderung wuchsstoffähnlicher Substanzen kann es zu Missbildungen und s-förmigen Verkrümmungen (ISIP, 2010) im weiteren Wachstumsverlauf kommen. Dabei werden die Missbildungen durch eine hohe Wachstumsrate nach dem Einstich gefördert (LERIN, 1993). Bei Spätfrösten kann es an den beschädigten Stellen zum Aufplatzen der Stängel kommen mit nachfolgendem Eindringen von Wasser. Hinzu kommt, dass insbesondere die Einstichstelle die Möglichkeit der Sekundärinfektion

durch den Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) erhöht beziehungsweise der Pilz durch den Schädling übertragen wird (BROSCHWITZ et al., 1993; KRAUSE et al., 2006).

Der Larvenfraß im Stängel führt zum anderen zur Schwächung der Gesamtpflanze, durch Beschädigung der Leitgefäße (HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1983) wird die Nährstoff- und Wasserversorgung erschwert. Ein Befall kann zu Totalausfällen ganzer Pflanzen führen, geschwächte Pflanzen bringen weniger Ertrag. ALFORD (2003) schätzt den Ertragsausfall durch den Großen Rapsstängelrüssler in Europa auf bis zu 50 %.

Die Bekämpfungsschwelle gilt als erreicht, wenn in einer Gelbschale innerhalb von drei bis vier Tagen mehr als 10 Große Rapsstängelrüssler gefangen werden.

### **2.3.3. Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.))**

#### Biologie

Der zur Familie der Rüsselkäfer (Coleoptera: Curculionidae) gehörende Gefleckte Kohltriebrüssler tritt im Frühjahr später als der Große Rapsstängelrüssler in Rapskulturen in Erscheinung. Dies hängt mit seinen leicht höheren Temperaturansprüchen (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW, 2012) und dem stellenweise längeren Einflugweg – die Überwinterung findet in Saumbiotopen statt – zusammen. Der Käfer ist 2,5 bis 3,5 mm lang. Wie beim Großen Rapsstängelrüssler ist auch hier die charakteristische, rüsselförmige Verlängerung des Kopfes erkennbar. Im Gegensatz zu dem Stängelrüssler wirkt der Gefleckte Kohltriebrüssler auf seiner Oberfläche fleckig, mit einem charakteristischen weißen Punkt zwischen den Flügeldecken, seine Fußglieder sind rötlich gefärbt.

Nach einem im Vergleich zum Großen Rapsstängelrüssler deutlich längeren Reifungsfraß von etwa 14 Tagen beginnt das Weibchen mit der Eiablage. Sowohl für den Gefleckten Kohltriebrüssler als auch für den Großen Rapsstängelrüssler gilt, dass sonnige und warme Tage ohne Nachtfröste die Zeit des Reifungsfraßes verkürzen und die Eiablage früher erfolgt (JOHNEN, 2001). Die Eier werden meist in kleineren Eigelegen von unten in die Blattstiele oder auch Stängel der Rapspflanzen abgelegt, wobei Blattstiele deutlich bevorzugt werden. Ein Weibchen legt ca. 100 Eier. Die ca. 4 mm langen, weißen Larven schlüpfen nach etwa fünf bis sechs Tagen. Während des ersten und zweiten Larvenstadiums fressen sie in den Blattmittelrippen oder -stielen, im dritten Larvenstadium haben sie sich in den

Haupttrieb der Pflanze durchgebohrt (BROSCHWITZ, 1985). Etwa Ende Mai verlassen die vollentwickelten Larven die Pflanze und verpuppen sich ca. drei bis vier Wochen im Boden, um diesen anschließend als Käfer zu verlassen. Nach einem kurzen Reifungsfraß suchen die Käfer in Saumbiotopen ihre Winterquartiere auf. Wie bei allen *Ceutorhynchus*-Arten entwickelt sich eine Generation pro Jahr.

#### Schadbild, wirtschaftliche Bedeutung, Schwellenwerte

Die Verluste, die durch den Gefleckten Kohltriebrüssler verursacht werden können, sind geringer einzustufen als die des Großen Rapsstängelrüsslers; sie können bis zu etwa 20 % betragen (LUCKHARDT et al., 2008). KLINGENHAGEN et al. (2011) schätzten, dass 30 Gefleckte Kohltriebrüssler je Gelbschale einen Ertragsverlust von etwa 1 dt ha<sup>-1</sup> verursachen. Äußerlich sind die Symptome kaum zu erkennen – es kommt weder zum Aufplatzen von Stängelgewebe noch zu deformiertem Wuchs. Der Larvenfraß im Stängel geht bei starkem Befall jedoch mit einer Wuchsshemmung und dem Abknicken von Stängeln einher (HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1983). Hinzu kommt wie beim Großen Rapsstängelrüssler die Möglichkeit einer Sekundärinfektion mit dem Erreger der Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) (BROSCHWITZ et al., 1993). Generell ist der Schaden des Käfers bei Sommerraps höher einzustufen (ALFORD, 2003).

Als Bekämpfungsschwelle gelten 30 Tiere pro Gelbschale innerhalb von drei bis vier Tagen. Das Zeitfenster der Bekämpfung lässt allerdings durch den länger andauernden Reifungsfraß mehr Spielraum gegenüber dem Großen Rapsstängelrüssler zu (LANDSCHREIBER, 2010).

#### **2.3.4. Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* Fabricius)**

Es gibt über 60 *Meligethes* Spezies., z. B. *M. aeneus*, *M. viridescens* und *M. coracinus*, in Deutschland ist fast ausschließlich *M. aeneus* vorzufinden (GLOYNA & THIEME, 2011). Aus diesem Grund ist in der vorliegenden Arbeit, wenn vom Rapsglanzkäfer die Rede ist, die Spezies *Meligethes aeneus* Fabricius (im Folgenden *Meligethes aeneus* F. abgekürzt) gemeint.

#### Biologie

Der zur Familie der Glanzkäfer (Coleoptera: Nitidulidae) gehörende Rapsglanzkäfer verlässt im Frühjahr bei Bodentemperaturen ab 10 °C und Lufttemperaturen ab 15 °C sein Winterquartier (Gebüsche, Böschungen und Waldränder). Zu Beginn seines Fluges besiedelt der 1,5 bis 2,7 mm große, schwarz

glänzende Käfer verschiedenste Frühjahrsblüher als Nährpflanzen (nicht nur Kreuzblütler), bis die weiblichen Tiere ihre Geschlechtsreife erreicht haben. Der Rapsglanzkäfer ist in der Lage 1 bis 3 km am Tag aktiv zurückzulegen. Die Überbrückung weiter Distanzen erfolgt hingegen durch Verfrachtung mit dem Wind (STECHMANN et al., 1976). Die Besiedelung der Rapsfelder beginnt von den Randbereichen her, meist auf der der Hauptwindrichtung und/oder Überwinterungsquartieren zugewandten Schlagseite. Auf der Suche nach Pollen frisst sich der Rapsglanzkäfer durch die noch geschlossenen Rapsknospen. Bereits geöffnete Blüten werden auch besiedelt, ein Fraß, um an den Pollen zu gelangen, ist hier allerdings nicht nötig, durch die Anhaftung von Pollen an den Käfern kommt diesen sogar eine blütenbefruchtende Wirkung zu (COOK et al., 2004 a). Das Weibchen legt nachfolgend seine Eier in die Knospen der Rapspflanzen. Für die Eiablage werden vorzugsweise nur große Knospen gewählt, die eine Größe von etwa 3 mm haben (ALFORD, 2003). Pro Knospe werden im Durchschnitt zwei bis drei Eier abgelegt (EKBOM, 1998). Nach etwa vier bis sieben Tagen schlüpfen die Larven. Sie sind zwischen 1,5 und 4 mm lang und haben eine bräunliche Kopfkapsel. An den drei Thoraxsegmenten befinden sich drei Beinpaare, weshalb sie den Larven des Erdflöhs sehr ähnlich sind. Das erste Larvenstadium verbringen die Larven in der Knospe, das zweite auf den Blüten der Rapspflanze. Sie ernähren sich vom Pollen der Blüten, die Blütenschädigung durch die Larven ist allerdings zu vernachlässigen. Die Entwicklung der Larven dauert etwa vier Wochen, danach lassen sich die Larven zu Boden fallen, wo sie sich verpuppen und nach 10 bis 12 Tagen die neue Generation der Rapsglanzkäfer schlüpft. Pro Jahr entwickelt sich somit eine Generation, der Zyklus von der Eiablage bis zum Schlupf der Jungkäfer dauert in zwischen 40 und 50 Tagen.

Die Jungkäfer fressen sich Fettreserven für den Winter an, wodurch sie in Sommerrapsfeldern sehr starke Schäden anrichten können, aber auch Gemüsekulturen können durch den Fraß beschädigt werden (MICHEL, 2010).

Etwa Ende August fliegen die Käfer in ihre Winterquartiere. Als Orientierung für den Zeitpunkt des Rückzuges dient wahrscheinlich die Tageslänge (HOKKANEN & LIPA, 1995) und der nachlassende UV-Anteil am Gesamtlicht (NOLTE, 1959). Als Winterquartiere werden humose, feuchte, aber nicht vernässte Standorte mit guter Durchlüftung aufgesucht, dabei werden Waldränder und leicht geneigte Flächen wie etwa Grabenböschungen bevorzugt.



### Schadbild, wirtschaftliche Bedeutung, Schwellenwerte

Als bedeutendster Rapsschädling im europäischen Rapsanbau (ZIMMER C. T. & NAUEN R., 2010) ist der Rapsglanzkäfer in der Lage, enorme wirtschaftliche Schäden anzurichten. Besonders im ökologischen Rapsanbau, wo die bisher getesteten Regulierungsmaßnahmen kaum Wirkung zeigten (z. B. WEIHER et al., 2007), ist das Gefährdungspotenzial als besonders hoch einzuschätzen. Durch die Fraßaktivität an den noch geschlossenen Knospen kommt es zur Schädigung der Fruchtanlagen und nachfolgend zum Vertrocknen und Abfall der Knospen. Übrig bleiben die charakteristischen leeren Stielchen an den Blütenständen. Das Schadbild kann leicht mit der Knospenwelke verwechselt werden, welche auf physiologische Stresseinflüsse (z. B. Trockenheit) zurückzuführen ist. Auch hier findet man die leeren Stielchen an den Blütenständen, diese sind bei der Welke allerdings kürzer und haben keine Verdickung am Ende (ANONYMUS, 2009). An bereits geöffneten Blüten ist ein Knospenfraß, um an den Pollen zu gelangen, für die Käfer nicht nötig, weshalb der Schaden durch den Rapsglanzkäfer nur im Knospenstadium der Wirtspflanze angerichtet wird. Hier gilt: Je früher der Befall im Knospenstadium, desto höher ist das Schadpotenzial des Käfers. Dennoch ist neben dem Entwicklungsstadium auch der Kulturzustand für die Schadwirkung von Bedeutung. In schlecht mit Nährstoffen versorgten Beständen mit hoher Bestandesdichte kann ein Befall im frühen Knospenstadium zu einem Totalausfall der Ernte führen, während Bestände mit guter Nährstoffversorgung und entsprechender Standraumzumessung der Pflanzen durchaus in der Lage sind, durch Seitentriebbildung den Verlust der Hauptinfloreszenz zu kompensieren. So kommen auch DAEBELER et al. (1982) zu dem Schluss, „[...] dass die Verlusthöhe wie bei keinem anderen Rapsschädling in so starkem Maße vom Regenerationsvermögen der Rapspflanze abhängt“. Diese Erkenntnis haben die Autoren in eine Entscheidungsmatrix fließen lassen, in der die Bekämpfungsschwelle vom allgemeinen Kulturzustand und der physiologischen Entwicklung abhängig ist. Durch diese Wechselwirkungen lässt sich die Höhe eines möglichen Schadens zum Befallszeitpunkt nur schwer einschätzen, so dass der Einsatz von Insektiziden im Nachhinein nicht immer wirtschaftlich sinnvoll ist. Als Bekämpfungsschwelle gelten im integrierten Landbau ein bis zwei Käfer zu BBCH 51, drei bis vier Käfer zu BBCH 55, fünf bis sieben zu BBCH 57 bis 59 (LLH HESSEN, 2011).

### **2.3.5. Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull)**

#### Biologie

Der zur Familie der Rüsselkäfer (Coleoptera: Curculionidae) gehörende Kohlschotenrüssler tritt mit Beginn der Rapsblüte in Erscheinung, das Hauptauftreten liegt in der Vollblüte. Der Käfer ist etwa 2,2 bis 3,2 mm lang, schwarz gefärbt mit dichter grauer bis grau-weißer Behaarung. Die charakteristische, rüsselförmige Verlängerung des Kopfes ist schmal und schwach gebogen. Bei Temperaturen von über 20 °C erfolgt der Hauptzuflug der Rüssler (HOFFMANN & SCHMUTTERER, 1983). Die Eiablage der Weibchen geschieht nach einem Reifungsfraß nach etwa zwei Wochen. Für die Eiablage wird in die Schote ein Loch gefressen und pro Schote ein Ei abgelegt. Pro Weibchen werden ca. 60 Eier gelegt. Die Schote ist mit einem Pheromon markiert, um eine Eiablage anderer Weibchen zu verhindern (FERGUSON et al., 1999). Die Larven schlüpfen nach etwa acht Tagen und entwickeln sich in der Schote ca. 25 bis 30 Tage. In dieser Zeit werden je Larve drei bis fünf Samen gefressen. Die fertig entwickelte Larve ist bis 5 mm lang, mit gelbbrauner Kopfkapsel und beinlos. Sie frisst ein Ausgangsloch in die Schote und verpuppt sich in 5 bis 10 cm Bodentiefe, um im August als fertig entwickelter Käfer das Winterlager in Saumbiotopen aufzusuchen.

#### Schadbild, wirtschaftliche Bedeutung, Schwellenwerte

Charakteristisches Schadbild ist das kreisrunde Bohrloch in der Schotenwand. Durch den Fraß der Larven in den Schoten kommt es zur Herabsetzung des Ernteertrages bis zu 18 % (WILLIAMS, 2004). Bedeutend ist die Funktion des Kohlschotenrüsslers als Wegbereiter für die zeitgleich auftretende Kohlschotenmücke, die häufig die Bohrlöcher des Schotenrüsslers zur Eiablage nutzt. Die Beschädigung durch die Kohlschotenmücke nimmt mit der Anzahl der Schotenrüssler deutlich zu (SYLVEN & SVENSON, 1974). Dieses findet auch in den Bekämpfungsschwellen Berücksichtigung: Ein Käfer pro Pflanze zu BBCH 60 bei schwachem Auftreten und ein Käfer je zwei Pflanzen bei starkem Auftreten der Kohlschotenmücke.

### 2.3.6. Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae* Winn.)

#### Biologie

Die zur Familie der Gallmücken (Diptera: Cecidomyiidae) gehörende Kohlschotenmücke ist etwa 1,2 bis 1,5 mm lang und sehr filigran in ihrem Habitus. Die Brustsegmente sind braun, der Hinterleib ist rötlich gefärbt mit braunen Querstreifen. Die Mücken der ersten Generation beginnen ihren Zuflug zur Zeit der Vollblüte der Rapsbestände. Das Weibchen legt in seinem nur ein bis zwei Tage dauernden Leben in etwa drei Schüben im Durchschnitt 20 Eier in die Rapsschoten ab. Dabei ist die Mücke größtenteils auf die Bohrlöcher des Kohlschotenrüsslers angewiesen – nur bei sehr jungen, weichen Schoten kann die Schotenwand selbstständig durchbohrt werden (GARBE et al., 1996). Die nach wenigen Tagen schlüpfenden Larven sind etwa 2 mm lang und weisen weder Kopfkapsel noch Beinpaare auf. Die Larven saugen an den Samen und an der Schoteninnenwand. Hierdurch kommt es zur vorzeitigen Abreife und zum Aufplatzen der Schoten. Die so herausfallenden Larven verpuppen sich im Boden, um nach gut einer Woche als Mücke den Boden zu verlassen und den Zyklus erneut zu durchlaufen. Die erste Generation richtet zumeist Schaden an Winterraps, die zweite vermehrt an den Sommerungen an. Es werden mindestens 2 Generationen durchlaufen, bei räumlichen Nähe von Winter- und Sommerraps kann es auch noch eine dritte Generation geben (WILLIAMS, 1987 a, b). Ein gewisser Anteil der Kokons verbleibt über Jahre im Boden (Diapause).

#### Schadbild, wirtschaftliche Bedeutung, Schwellenwerte

Das Schadbild ist an den vorzeitig aufgeplatzten, oft missgebildeten, verkrümmten Schoten gut zu erkennen, teilweise ist das Bohrloch des Schotenrüsslers auch noch zu sehen. Durch den Ausfall der Samen aus den aufgeplatzten Schoten kommt zu Ertragsverlusten, wobei die Höhe der Verluste mit zunehmendem Anteil des Kohlschotenrüsslers als Wegbereiter zunehmen dürfte. Als Bekämpfungsschwelle wird häufig eine Mücke je drei bis vier Pflanzen angegeben. Das Ermitteln der Schwelle erscheint jedoch in der landwirtschaftlichen Praxis wenig praktikabel. Eine aussagekräftige Erfassung der Kohlschotenmücke mit Hilfe von Gelbschalen ist nicht möglich, da die Gelbschalen wegen mangelnder Attraktivität zum Zeitpunkt der Blüte von den Mücken nicht direkt angeflogen werden.

## **2.4. Regulierungsstrategien von tierischen Schaderregern im ökologischen Rapsanbau**

Eine gute Übersicht zur Regulierung der tierischen Schaderreger im Ökologischen Landbau geben ZEHNDER et al. (2007) in ihrem vierphasigen Regulierungsmodell.

Im Nachfolgenden wird eine Übersicht zu möglichen indirekten und direkten Kontrollmaßnahmen der tierischen Schaderreger, speziell für den ökologischen Rapsanbau, gegeben. Letztendlich sollten speziell die indirekten Maßnahmen nicht gesondert für den ökologischen Rapsanbau betrachtet werden, da sie durchaus auch ihre Berechtigung für den integrierten Rapsanbau haben.

### **2.4.1. Indirekte Regulierungsmaßnahmen von tierischen Schaderregern im ökologischen Rapsanbau**

#### Kulturführung

Nur vitale, kräftige und gut entwickelte Rapskulturen können einen gewissen Schädlingsdruck tolerieren und entstandene Beschädigungen und Verluste kompensieren. Gerade der Raps besitzt ein hohes Maß an Kompensationsfähigkeit. Diese Fähigkeit der Rapspflanze, nach einem Rapsglanzkäferbefall unter guten Kulturbedingungen, wurde bereits 1942 von KAUFMANN (1942) ausführlich beschrieben und wird in neueren Untersuchungen immer wieder bestätigt (z. B. DOTTERWEICH, 2010). Deswegen wirken sich alle Kulturmaßnahmen, wie beispielsweise ein feinkrümeliges, gut abgesetztes Saatbett, ein optimaler Saatzeitpunkt und eine gute Stickstoffversorgung, positiv auf die Kompensationsfähigkeit aus und helfen, Ertragsschwankungen gering zu halten. Die Kompensationsfähigkeit der Einzelpflanze wird durch eine niedrige Saatedichte begünstigt, da sich geringere Standortkonkurrenz positiv auf das Einzelpflanzenwachstum auswirkt. Besser entwickelte Einzelpflanzen weisen weniger Rapserschfölarven in dem besonders gefährdeten Sprossmeristem auf (NUSS & ULBER, 2007).

#### Standortwahl

Aus dem im vorhergehenden Punkt genannten ergibt sich die Notwendigkeit, Raps nach Möglichkeit nur auf den „besten“ Schlägen des Betriebes mit entsprechender Wasserversorgung und Bodenbeschaffenheit anzubauen. Eine Anbaupause

von mindestens vier bis fünf Jahren auf demselben Schlag hilft den Befall mit pilzlichen Krankheiten (z. B. *Phoma lingam*) vorzubeugen. Je größer der Abstand der Rapskultur zu Feldern der vorjährigen Rapskultur ist, desto geringer ist die Gefahr des Einfluges des Großen Rapsstängelrüsslers. Gleiches gilt für den Abstand zu Waldrändern und Saumbiotopen. Ein räumlicher Abstand kann dazu beitragen, den Schaden durch die Rapsglanzkäfer (GENEAU et al., 2009) und den Gefleckten Kohltriebrüssler zu begrenzen, da diese hier ihre Überwinterungsquartiere haben und im Frühjahr von dort aus zunächst die Felder in Waldnähe besiedeln.

### Sortenwahl

Schon 1920 wurde vermutet, dass durch den Anbau von früh- und kurzblühenden Rapssorten die Schadwirkung des Rapsglanzkäfers herabgesetzt werden kann (BURGHARDT & VON LENTERKEN, 1920). Deshalb sollte dem Anbau von Sommerraps der Anbau von Winterraps vorgezogen werden, da der Sommerraps entgegen der Winterform das kritische Stadium der Knospe oft zum Flughöhepunkt der Rapsglanzkäfer erreicht, so dass Ernteauffälle wesentlich wahrscheinlicher werden als beim Winterraps. Bei einem Versuch in Estland wurden beispielsweise in einigen Jahren sieben- bis zehnmal so viele Rapsglanzkäfer auf Sommerraps verglichen mit Winterraps gezählt (LUIK et al., 2006). In zweijährigen Versuchen von SCHUSTER (2006) unter den Anbaubedingungen des Ökologischen Landbaus schwankten die Kornerträge von Sommerraps extrem und erreichten zwischen 15 % und maximal 80 % der Erträge des Winterrapses. Erschwerend kommt hinzu, dass Sommerraps im Gegensatz zum Winterraps den Verlust von Knospenanlagen nur in geringem Maße durch neue Seitentriebe kompensieren kann (VIETINGHOFF, 1985). Neben dem Rapsglanzkäfer ist auch beim Großen Rapsstängelrüssler die Entwicklungsgeschwindigkeit einer Rapssorte ein wesentlicher Faktor für das Ausmaß der Schädigung. BÜCHI (1996) kommt zu dem Schluss, dass der Große Rapsstängelrüssler nur Rapspflanzen bis zu einer bestimmten Pflanzenlänge befällt und ab einer Pflanzenlänge von mehr als 22 cm das Risiko des Befalls deutlich gemindert ist. Folglich laut BÜCHI (1996) frühe Rapssorten den mittleren- bis spätblühenden Sorten vorzuziehen.

Der Anbau von möglichst schnell wüchsigen und vitalen Rapssorten ist nicht nur in Bezug auf ein frühes Erreichen und zügiges Durchwachsen kritischer phänologischer Stadien günstig, sondern auch unter dem Aspekt der schnellen

Bodenbedeckung und der damit verbundenen höheren Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern. Hybridsorten sind in der Regel schnellwüchsiger als Liniensorten, der Einsatz dieser Sorten wird von Vertretern des Ökologischen Landbaus allerdings kontrovers diskutiert. Neben der Entwicklungsgeschwindigkeit einer Sorte beeinflussen auch pflanzenmorphologische Parameter den Schädlingsbefall. So konnte beispielsweise ULBER (2011) beim Testen verschiedener Brassica-Genotypen feststellen, dass mit steigender Anzahl der Seitentriebe und mit steigender Anzahl der Blätter der Befall mit dem Gefleckten Kohltriebrüssler signifikant ansteigt.

Neben phänologischen und morphologischen Aspekten kann auch die Resistenz einer Sorte von Bedeutung für die Anfälligkeit gegenüber Schaderregern sein. Zwar wurden mittlerweile resistente Linien gegen verschiedene Pilze entwickelt (MANTHEY, 2005), das Wissen um pflanzeigene Resistenzquellen im Raps gegenüber Schadinsekten ist jedoch laut EICKERMANN (2008) mangelhaft. Der Autor sieht wilde Brassica-Arten und Raps-Resynthesen als vielversprechenden Weg, die genetische Variabilität zu erhöhen und hieraus Rapsorten mit entsprechenden Resistenzen zu züchten. Von diesen klassischen Züchtungen könnte auch der ökologische Rapsanbau profitieren. Der Ansatz, transgene resistente Sorten (diese exprimieren Proteinase Inhibitoren (GIRARD et al., 1998; WILLIAMS, 2004) oder kristalline Proteine des Bakteriums *Bacillus thuringiensis* (EARLE et al., 2004; WILLIAMS, 2004)) zu züchten, geht nicht mit den Richtlinien des Ökologischen Landbaus konform und dürfte generell auch wegen mangelnder Verbraucherakzeptanz ausscheiden.

### Anbau von Fangpflanzen

Eine Möglichkeit der Abwehr von Schaderregern von der Kulturpflanze ist der Anbau sogenannter Fangpflanzen (englisch: „trap crop“). Diese sollen die Schädlinge von der eigentlichen Hauptkultur ablenken und damit die Schädigung derselben herabsetzen. In der Praxis kommt zum einen das Anlegen der Fangpflanze als Randstreifen, der entweder um die Hauptkultur herum oder als einseitiger Schutzstreifen, orientiert an der Hauptwindrichtung oder zu Waldrändern, angelegt zum Einsatz. Eine weitere Methode ist zum anderen das Mischen der Hauptkultur mit der Fangpflanze im gesamten Bestand, die sogenannte Mischsaat. Als Fangpflanze im ökologischen Rapsanbau wird in der Regel Rübsen (*Brassica rapa*) verwendet. Schon frühe Untersuchungsergebnisse (GÜNTART, 1949; DOSSE, 1951) lassen beispielsweise eine deutliche Bevorzugung von Rübsen durch Rapsschädlinge

erkennen. Zwar gab es auch Versuche zur Mischkultur von Raps mit Weizen, Erbsen, Gerste und Roggen (KÜHNE & ULBER, 2006; PAULSEN et al., 2006), die Reduzierung der Schädlinge im Raps konnte allerdings in den meisten Fällen nur tendenziell beobachtet werden. Im Folgenden werden daher bisherige Ergebnisse zu dem Anbau von Rübsen als Fangpflanze dargestellt.

Bereits 1921 erwähnt FRIEDRICH (1921) in Zusammenhang mit der Untersuchung zu Rapsglanzkäfern den Anbau von frühblühenden Kohlarten zum Schutz der Rapskultur. Er kommt allerdings zu dem Schluss, dass "Millionen" Käfer gefangen werden müssten um einen schützenden Effekt zu erzielen und verwirft diese Methode darauf hin. BÜCHI (1990) stellt fest, dass bei einer Mischsaat mit 2 % Rübsen, mit Ausnahme des Kohlschotenrüsslers und der Kohlschotenmücke, alle wichtigen Rapsschädlinge von den Rübsenpflanzen wesentlich mehr angezogen werden als von den Rapspflanzen. Er empfiehlt jedoch, den Anteil des Rübsens auf 5 % zu erhöhen. HOKKANEN et al. (1986) schlägt vor, den Fangpflanzenanteil an der Gesamtanbaufläche nicht statisch zu sehen, sondern ihn in Abhängigkeit von dem aktuellen Schädlingsdruck anzupassen. In einer späteren Untersuchung erreicht er mit 10 bis 15 % Rübsenanteil an der Gesamtfläche, angelegt als Fangstreifen, eine Reduktion der Insektizide im Sommerraps um 50 % bis 85 % (HOKKANEN, 1989). Ähnliche Rübsenanteile werden auch von NILSSON (2004) empfohlen. Die Gründe für die Attraktivität der Rübsenpflanzen für Rapsschädlinge sind vielfältig. HOKKANEN et al. (1986) kommt zu dem Ergebnis, dass die Effektivität der Fangpflanze im Wesentlichen von ihrer im Vergleich zum Raps früheren Blüte abhängt. BÜCHI (1990) kommt zu dem Schluss, dass neben der schnelleren Entwicklung des Rübsens gegenüber dem Raps die hellgrüne Farbe des Rübsens mitverantwortlich für die hohe Attraktivität ist. Neben der Farbe und der Entwicklungsgeschwindigkeit wurden von COOK et al. (2006) auch Unterschiede zwischen Raps und Rübsen in der Ausscheidung flüchtiger Substanzen und dem Glucosinolatgehalt festgestellt, die mit als Grund für die Bevorzugung von Rübsen gegenüber Raps im Knospenstadium vermutet werden. Ob die Bevorzugung der Rübsenpflanzen durch die Rapsschädlinge letztendlich immer zu dem erhofften schädlingsreduzierenden Effekt der Rapspflanzen führt, ist fraglich. Die Mischsaat mit Rübsen führte auf zwei Versuchsflächen von BÜCHI (1990) zu einer signifikanten Reduzierung der Rapsglanzkäfer auf dem Raps in der Mischkultur verglichen mit dem Raps in der Reinkultur. Bei dem Stängelrüssler war auf einer von drei Versuchsflächen ein

signifikant schädlingsreduzierender Effekt ermittelbar. Ein gestaffelter Randstreifen aus einer frühblühenden Rapssorte und dem noch früher blühenden Rübsen zum Schutz von Winterraps war in einem Versuch von BÜCHS (2009) zwar sehr attraktiv für den Rapsglanzkäfer, ein schädlingsreduzierender Effekt im Feldinneren war allerdings im Vergleich zur Reinsaat ohne Fangstreifen nicht nachweisbar. Im Gegensatz dazu erzielten COOK et al. (2004 b) durch die Umrandung von Rapsparzellen (24 m x 24 m) mit einem 3 m breiten Rübsenfangstreifen eine signifikant herabgesetzte Schädigung der Knospen durch den Rapsglanzkäfer. Bei BARARI et al. (2005) konnte ein Rübsenfangstreifen den Befall der Rapspflanzen mit dem Gefleckten Kohltriebrüssler nicht reduzieren. Auch bei einem Versuch mit der befallsträchtigen Rapssorte „Express“ als Fangstreifen konnten BÜCHS & KATZUR (2004) keinen signifikanten schädlingsreduzierenden Einfluss auf die Stängelschädlinge in der innen liegenden Rapskultur nachweisen. DÖRING et al. (2010) konnten ebenfalls bei keinem Rapsschädling eine Reduzierung des Befalls der Rapspflanzen durch einen Rübsenfangstreifen feststellen. COOK et al. (2004 b) hinterfragen sogar generell, ob ein Fangstreifen nicht die Gefahr berge, mehr Schädlinge in den Raps zu locken als ohne Rübsen vorhanden wären. Das Potenzial des Rübsens, Schädlinge anzulocken, wurde in einem Versuch von STRAUCH (2010) deutlich. Bei Anlage einer Raps-/Rübsenmischung von 9:1 weist der Rübsen zwar signifikant mehr Stängelschädlinge auf als der Raps der Reinsaat, allerdings ist der Raps der Mischsaat gleichzeitig signifikant stärker befallen als der Raps der Reinsaat. Ein weiterer Nachteil des Fangpflanzenanbaus ist laut NILSSON (2004), dass der Zeitraum, in dem der Rapsglanzkäfer geeignete Knospen zur Eiablage findet, durch den früher blühenden Rübsen verlängert wird.

#### Förderung von Nützlingen

Nützlinge können einen entscheidenden Betrag zur Regulierung von tierischen Schaderregern leisten. Die Rapsschädlinge werden von 88 Parasitoiden und einer ganzen Reihe von Prädatoren (WILLIAMS, 2004) beeinflusst. Nachfolgend soll nur auf die bedeutendsten eingegangen werden.

Eine in der Rapskultur bedeutende, zu den Parasitoiden gehörende Nützlingsgruppe stellt die Familie der Schlupfwespen (Ichneumonidae) dar. Die Larven des Rapserdflohs werden beispielsweise von der Schlupfwespe *Tersilochus microgaster* parasitiert, aber auch bei anderen Rapsschädlingen findet häufig eine



Parasitierung durch *Tersilochus* spp. statt. Es werden Parasitierungsraten durch Schlupfwespen von über 50 % (JOHNEN & ULBER, 2004) bis zu 95 % (ALFORD, 2000) genannt. Die Nennung hoher Parasitierungsraten zwischen 80 % bis 90 % erfolgt vor allem in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, da hier vermutlich noch so gut wie keine Insektizide verwendet wurden (BLUNCK, 1925; KAUFMANN 1925). Einen guten Überblick über den Umfang und die Bedeutung der verschiedenen Schlupfwespenarten für den Großen Rapsstängelrüssler und den Gefleckten Kohltriebrüssler gibt ULBER (2003). THIES & TSCHARNTKE (2000) betonen die Bedeutung dieser Parasitoide, machen aber auch gleichzeitig deutlich, dass der Umfang und die Wirkung der Parasitierung bis in die Feldmitte von dem Alter und der Größe der Habitate abhängig sind. Wird der Anteil der naturnahen Habitate zu gering, sinkt die Parasitierungsrate der Schädlinge durch die Schlupfwespen unter den für die biologische Schädlingskontrolle kritischen Wert von 32 % (THIES & TSCHARNTKE, 2000). Insgesamt ist es schwierig, eine klare Aussage zum schädlingsregulierenden Effekt der Nützlinge zu treffen, da es in ihrem Auftreten zu starken Schwankungen kommt. So schwankte beispielsweise laut BÜCHI (2002) in der Nordschweiz zwischen 1996 und 1999 die Parasitierungsrate der Rapsglanzkäferlarven aufgrund von sich ändernden Umwelteinflüssen zwischen 0 % und 54 %, die Mortalität durch die Parasitoide betrug dabei nur 1 % bis 2 %. Der Effekt der Parasitoide wurde durch den Anteil an unspezifischer Mortalität und die Mortalität durch Prädatoren“maskiert“, der Anteil der unspezifischen Mortalität betrug in den Versuchsjahren zwischen 46 % und 72 %.

Eine andere Gruppe der Nützlinge stellen die Prädatoren dar, die ihre Beute, im Gegensatz zu den Parasitoiden, direkt töten. Zu dieser Gruppe gehören insbesondere Laufkäfer (Carabidae), Kurzflügelkäfer (Staphylinidae) und Spinnen (Araneae). In dem fünf Jahre laufenden EU-Projekt MASTER (**Man**agement **ST**rategies for **E**uropean Oilseed **R**ape Pests) wurde bis 2006 in den sechs teilnehmenden Ländern das Auftreten von Nützlingen und deren Potenzial zur Regulierung der wichtigsten Rapsschädlinge im Raps untersucht (WILLIAMS et al., 2002). Bei den Laufkäfern wurden neun, bei den Spinnen sieben und bei den Kurzflügelkäfern acht bedeutende Nützlinge identifiziert (BÜCHS et al., 2006). Prädatoren haben ihren größten Wirkungskreis im Bereich der Bodenoberfläche. Durch sie werden Schädlinge erfasst, die sich durch den Lebenszyklus bedingt dort aufhalten (ALFORD, 2000). Wie bei den Schlupfwespen schwanken auch hier die

Angaben zur Larvenmortalität sehr stark. Die Angaben hierzu reichen von gerade 3 % (HOKKANEN et al., 1988) bis hin zu 65 % (BASEDOW, 1973).

FELSMANN & BÜCHS (2006) kommen generell zu der Erkenntnis, dass der schädlingsregulierende Effekt durch die Nützlinge nicht nur kurzfristig, sondern vor allem langfristig von Bedeutung ist. Durch sie wird viel mehr das Auftreten der Rapsschädlinge im nachfolgenden Jahr gemindert. Beide Autoren konnten eine deutlich verminderte Schlupfrate des Rapsglanzkäfers und der Kohlschotenmücke in einem Integrierten Rapsanbausystem (Mulchsaat, keine Insektizide) in Vergleich zu einem Standardanbausystem (Pflug und Insektizideinsatz) nachweisen (FELSMANN & BÜCHS, 2005). Das Auftreten von Rapsschädlingen und derer natürlicher Gegenspieler erfolgt häufig synchron. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass bei einer Pflanzenschutzapplikation die Nützlinge negativ beeinflusst werden (RZEHA & BASEDOW, 1982; DOSDALL et al., 2006). NEUMANN & ULBER (2010) kamen in einem dreijährigen Projekt zu dem Ergebnis, dass die mit Insektiziden behandelten Parzellen im Vergleich zu den unbehandelten Parzellen eine verminderte Parasitierung der Rapsglanzkäferlarven aufwiesen. Hinzu kam, dass bis sieben Tage nach Applikation der Abflug aller Parasitoide aus den behandelten Flächen ihren Zuflug überschritt. Auch BÜCHS (2007) kommt in dem MASTER Projekt zu folgendem Schluss: „Das wichtigste Kriterium für das Überleben von Nützlingen im Rapsfeld ist jedoch ein maßvollerer Einsatz von Insektiziden, der zudem ihren Lebenszyklus berücksichtigt“.

Neben den negativen Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln ist auch die Intensität der Bodenbearbeitung von Bedeutung für die Nützlinge. Viele Versuchsergebnisse belegen den negativen Einfluss wendender gegenüber nicht wendender Bodenbearbeitung auf die Nützlinge (z. B. FELSMANN & BÜCHS, 2006; TWARDOWSKI, 2006; LÜBKE-AL HUSSEIN, 2010). Der Einsatz von Mulchsaat in Kombination mit einer Egge führte im Unterschied zu Pflug und Hacke in einem Versuch in ökologisch erzeugtem Raps zu einer zwar nicht immer signifikanten, aber dennoch höheren Nützlingsdichte und laut BÜCHS & KATZUR (2004), mit Ausnahme der Kohlschotenmücke, zu einer deutlichen Reduktion der Schädlinge der neuen Generation. MASON et al. (2006) konnten lediglich für Spinnen eine negative Auswirkung der wendenden Bodenbearbeitung feststellen, schlossen methodische Gründe hierfür aber nicht aus. Nicht nur die Kulturführung selbst sondern auch die Feldumgebung hat bedeutenden Einfluss auf die Nützlingsdichte. In Gebieten mit

entsprechend hoher Rapsdichte steigt beispielsweise die Parasitierungsrate signifikant an (KRÜGER & ULBER, 2009). Darüber hinaus kann die Habitatgestaltung positive Einflüsse auf die Nützlingsdichte haben. KAASIK et al. (2011) vermuten beispielsweise, dass durch die Einsaat von Schwarzem Senf in den Randbereichen der Rapsschläge, die Zahl der Parasitoide erhöht werden kann. Zusammengefasst kann davon ausgegangen werden, dass die Nützlinge einen wichtigen Beitrag zu einer langfristigen Schädlingsregulierung im Rapsanbau leisten, dieser aber sehr schwer zu quantifizieren ist. Dennoch sollten alle Maßnahmen, die einer Nützlingsschonung dienen, für den Pflanzenschutz genutzt werden. Diese werden von WILLIAMS et al. (2006 a) gut zusammengefasst:

- Reduzierung des Insektizideinsatzes und Beachtung des zeitlichen Auftretens der Nützlinge;
- Minimale Bodenbearbeitung nach der Ernte und im Frühjahr des Folgejahres;
- Habitatgestaltung.

Alle drei Punkte stoßen in der Praxis an ihre Grenzen. Der Einsatz von Insektiziden ist an das Schädlingsauftreten und bestimmte Kulturstadien gebunden, so dass es wohl kaum möglich sein wird, das Auftreten von Nützlingen zu berücksichtigen. Einzig und allein ein Insektizidverzicht (z. B. auf die häufig unwirtschaftliche Blütenbehandlung) würde zur Schonung der Nützlinge beitragen. Punkt 2 stellt insbesondere den ökologischen Rapsanbau vor Herausforderungen, da der Einsatz des Pfluges im Ökologischen Landbau generell eine große Bedeutung hat. Hauptgründe für den Pflugeinsatz bilden die Kontrolle der Unkräuter, das Unterpflügen von infektiösem Pflanzenmaterial und die mit der Durchlüftung einhergehende Nährstoffmineralisation. Zudem kommt dem Pflug als präventive Maßnahme gegen Schnecken in der Rapskultur ein hoher Stellenwert zu. Die Habitatgestaltung ist prinzipiell ein wichtiges Instrument zur Nützlingsförderung, der positive Einfluss von Saumbiotopen dürfte mit zunehmender Größe des Schlages an Bedeutung verlieren.

#### **2.4.2. Direkte Regulierungsmaßnahmen von tierischen Schaderregern im ökologischen Rapsanbau**

Momentan sind in Deutschland keine der in der EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 gelisteten Wirkstoffe für die Anwendung in der Rapskultur zugelassen. Einzige Ausnahme bildet Eisen-III-Phosphat zur Regulierung der Schadschnecken. Angewendet werden dürfen ausschließlich einige wenige Stoffe, die entsprechend

§ 6a Pflanzenschutzgesetz für die Selbstherstellung von Pflanzenschutzmitteln im eigenen landwirtschaftlichen Betrieb zugelassen sind. Hierzu gehören beispielsweise Quassia-Präparate (aus *Quassia amara*) und Pflanzenöle (mit Ausnahme Rapsöl). Die entsprechende Positivliste wird vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) geführt und ständig aktualisiert. Sie kann unter [WWW.BVL.BUND.DE](http://WWW.BVL.BUND.DE) eingesehen werden. Im Folgenden werden Forschungsprojekte und der aktuelle Stand der Praxis zum Thema direkter Pflanzenschutzmaßnahmen im ökologischen Rapsanbau vorgestellt.

### Entomopathogene Pilze

Die für eine Kontrolle des Rapsglanzkäfers erfolgversprechendsten Pilze, von denen der Rapsglanzkäfer auch unter natürlichen Bedingungen befallen wird, sind *Beauveria bassiana* und *Metharhizium anisopliae*. Das Potenzial dieser Pilze zur Regulierung des Käfers wird von Schweizer Forschern als bedeutend eingeschätzt (WILLIAMS, 2004; DANIEL & MESSERLI, 2009; KUSKE 2009). Der tatsächliche Erfolg einer Schädlingsregulierung mit diesen Pilzen wird nichtsdestotrotz unterschiedlich bewertet. HOKKANEN (2006) berichtet über teils widersprüchliche Ergebnisse seiner Arbeiten zu diesem Thema. So kam es nach einer Sprühapplikation im Feld von *M. anisopliae* zu Mortalitätsraten bei den Rapsglanzkäferlarven von 75 %. Allerdings wurden in einer anderen Arbeit kein Rückgang der Anzahl Käfer der neuen Generation registriert, weder durch Boden- noch durch Sprühbehandlung mit *M. anisopliae*. Die ist insofern erstaunlich als das der Autor zeigen konnte, dass eine Bodenbehandlung mit *B. bassiana* bei der F1 Generation die Überwinterungsmortalität um 50 % erhöhte (HOKKANEN, 1993). Er schlägt vor zeitgleich mit der Aussaat von Raps mit Pilzen infiziertes Gerstensaatzgut auszubringen. Der Pilz würde saprophytisch auf der Gerste sporulieren, womit eine großräumige und nachhaltige Verdrängung der Rapsschädlinge gewährleistet werden könnte (HOKKANEN, 2006). Mit der Frage der Applikationstechnik beschäftigten sich auch WILLIAMS et al. (2006 a). Bei ihnen kamen für den Transport des Pilzes *M. anisopliae* in die Rapsblüten Honigbienen zum Einsatz, die an ihrer Körperoberfläche diesen Pilz anhaften hatten. Mit dieser Methode wurden Mortalitätsraten bei den Rapsglanzkäfern von bis zu 98,8 % und bei den Kohlschotenrüsslern von bis zu 80,0 % im Vergleich zu 7,7 % bis 32,2 % der unbehandelten Kontrolle erzielt. Versuche mit fertigen Handelsprodukten verliefen

bisher wenig vielversprechend: Bei ersten Versuchen von PILZ (2005) stellte sich ein Handelsprodukt mit *M. anisopliae* als ungeeignet zur Regulierung des Käfers heraus. In der Schweiz wurden Feldversuche mit dem fertig formulierten Handelsprodukt *Naturalis-L* durchgeführt. Das Produkt enthält als Wirkstoffmenge  $69,1 \text{ g}^{-1}$ , dies entspricht  $2,3 \times 10^7$  keimfähigen Konidiosporen  $\text{ml}^{-1}$ . Weder konnten bei zweimaliger Anwendung (je  $4,6 \times 10^{10}$  Sporen  $\text{ha}^{-1}$ ) (DANIEL, 2009) noch dreimaliger Anwendung (je  $3 \text{ l ha}^{-1}$  *Naturalis-L*) (KUSKE et al., 2011) eine regulierende Wirkung auf die Rapsglanzkäfer erzielt werden. DANIEL (2009) schätzt das Potential entomopathogener Pilze zur Regulierung des Rapsglanzkäfers daraufhin als sehr gering ein, da selbst bei den für eine Sporulation des Pilzes optimalen Witterungsbedingungen in ihrem Versuch keine positiven Resultate erzielt werden konnten. KUSKE et al. (2011) bleiben optimistischer und sehen in heimischen Pilzisolaten und einer verbesserten Formulierung der Pflanzenschutzbrühe weiterhin ein Potential der Rapsglanzkäferregulierung.

#### Entomopathogene Nematoden

Die entomopathogenen Nematoden gehören zur Familie Steinernematidae und Heterorhabditidae. Prinzipiell ist die Anzahl an natürlich vorkommenden Nematoden im Boden nach Ergebnissen des EU Projektes MASTER relativ gering. Diese variiert aber mit dem Bewirtschaftungssystem. Integrierte Bewirtschaftung führt gegenüber konventioneller beispielsweise zu einer Zunahme der Nematoden. Im Rahmen dieses Projektes wurde die Wirksamkeit einer Ausbringung von 1 Mio. *S. feltiae* Individuen je  $\text{m}^2$  getestet. Die Schädlingsreduktion erreichte bei den Rapsglanzkäfern 60 %, bei den Stängelrüsslern über 70 % und bei den Kohlschotenrüsslern etwa 40 %. Lediglich die Reduktion der Kohlschotenmücke fiel mit weniger als 5 % geringer aus (ZEC-VOJINOVIC & HOKKANEN, 2006). Die Ausbringung von in Wasser gelösten Nematoden zur Verpuppungszeit der Rapsglanzkäfer erbrachte in Finnland im Sommerraps, unabhängig von der Nematodendichte (0,1 bis 1 Mio. Individuen je  $\text{m}^2$ ), Reduktionen von 80 % bis 90 % bei den Käfern und bis zu 50 % bei der Kohlschotenmücke. Dieses Ergebnis konnte allerdings nicht reproduziert werden (ZEC-VOJINOVIC et al., 2006). Wichtig für den Erfolg einer Gießapplikation erscheint der richtige Einsatzzeitpunkt zu sein. Im Rahmen des MASTER Projektes wurde auf insgesamt 65 Wiederholungsflächen (je 1 bis  $2 \text{ m}^2$ ) die Gießapplikation von 1 Mio *S. feltiae* Individuen je  $\text{m}^2$  mittels 20 l Wasser getestet. Die Applikation erfolgte immer

ein bis zwei Wochen vor der Verpuppung des zu bekämpfenden Schädlings in den Boden. Es zeigten sich deutliche Effekte: Die Schlupfabundanz von *C. napi* wurde um 72,4 % reduziert, von *M. aneus* um 60,0 % und von *C. assimilis* um 47,7 %. Je nachdem welcher Schaderrger reguliert werden soll, kann es jedoch sein, dass zeitlich später auftretende Schaderreger (z. B. Schotenschädlinge) von der Applikation der Nematoden nicht mehr ausreichend erfasst werden (HOKKANEN et al., 2006). Aus diesem Grund wird die Praktikabilität einer Gießapplikation von HOKKANEN (2006) in Frage gestellt, da es für den Landwirt schwierig ist, genau zum richtigen Zeitpunkt die richtige Menge an Nematoden auszubringen. Aus diesem Grund wird der Einsatz von sogenannten NemaBags diskutiert. Diese werden zum Zeitpunkt der Saat ausgelegt und setzen die Nematoden langsam frei. Diese Methode reduzierte bei einem Versuch die Rapsglanzkäfer um 35 % und die Kohlschotenmücke um 25 % (ZEC-VOJINOVIC et al., 2006).

Sowohl der Einsatz von Pilz- als auch Nematodenisolaten erscheint nach momentanen Wissensstand wenig praxistauglich zu sein, nicht zuletzt wegen der hohen Kosten der Isolate. Inwiefern sich die Kosten amortisieren, ist für den Anwender schwer zu erfassen, da die Präparate über die Erhöhung der Überwinterungsmortalität der Schaderreger indirekt wirken und die Mortalität im Winterlager durch viele Faktoren beeinflusst wird. Die Möglichkeit, die Überwinterungsquartiere der Schaderreger direkt mit den entsprechenden Isolaten zu behandeln, scheidet aus. Die Quartiere sind großflächig und heterogen verteilt und Auswirkungen auf das Ökosystem Boden sind nicht auszuschließen. Erschwerend für die Pilze kommt hinzu, dass diese – im Gegensatz zu den Nematoden – das Zulassungsverfahren für Pflanzenschutzmittel durchlaufen müssen.

#### NeemAzal-T/S (Wirkstoff: Azadirachtin)

In einem Versuch am Julius Kühn-Institut konnte keine Wirkung von NeemAzal-T/S auf den Großen Rapsstängelrüssler und den Gefleckten Kohltriebrüssler festgestellt werden. Die Hypothese, das Pflanzenschutzmittel würde die Eiablage der Schädlinge negativ beeinflussen, wurde nicht bestätigt (WEIHER et al., 2007). Im Gegensatz dazu erreichten PAVELA et al. (2009) in einem vierjährigem Forschungsprojekt durch die Applikation von NeemAzal-T/S (20 g Azadirachtin ha<sup>-1</sup>) eine Herabsetzung der befallenen Schoten durch die Kohlschotenmücke zwischen 56,5 % und

85,9 %. Forschungsergebnisse über die Regulierung des Rapsglanzkäfers mit NeemAzal-T/S liegen nicht vor.

#### Natur-Pyrethrum

Der Einsatz von Pyrethrum gegen Rapsglanzkäfer kann im ökologischen Rapsanbau wegen der zunehmenden Resistenz keine ausreichende Wirkung mehr erzielen (WEIHER et al., 2007; DANIEL & MESSERLI, 2009). Seit Anfang der 1990er Jahre besteht im konventionellen Rapsanbau eine einseitige Zulassungspraxis für die Wirkstoffklasse der Pyrethroide, wodurch sich zunehmende Resistenzen ausbildeten (HEIMBACH et al., 2006; SCHRÖDER et al., 2009). Die selektierten, pyrethroidresistenten Käfer wandern auch in die ökologischen Rapsschläge ein und machen dort den Einsatz von Natur-Pyrethrum nutzlos, da die Wirkmechanismen identisch sind.

#### Gesteinsmehle

Versuche mit Gesteinsmehlen (gestäubt) erzielten in der Schweiz nur für ein bis drei Tage nach der Ausbringung eine im Vergleich zu der unbehandelten Kontrolle signifikante Reduzierung der Rapsglanzkäfer. Nachfolgend nahmen die Käferzahlen deutlich zu (BREITENMOSER, 2008; JOSSI & HUMPHRYS, 2010). Um eine Reduktion der Käferzahlen mit stäubenden Substanzen über einen längeren Zeitraum zu erreichen, sind insbesondere bei niederschlagsreicher Witterung mehrere Applikationen notwendig. In der Schweiz hatte in einem Versuch von DANIEL (2011 a) eine zweimalige Applikation von je  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  Gesteinsmehl (Klinofeed) eine Verringerung der Käferanzahl um über 70 % in einem Zeitraum von über einer Woche zur Folge. Gegenüber der unbehandelten Kontrolle wurden an der Gesamtpflanze 34 % mehr Schoten ausgebildet, dies führte allerdings zu keinem Ertragsvorteil. Neben der Notwendigkeit der Mehrfachbehandlung ist der technische Aufwand einer stäubenden Applikation nicht unerheblich. Zusätzlich kann die Applikation zu einer hohen Staubbelastung für die Umwelt führen.

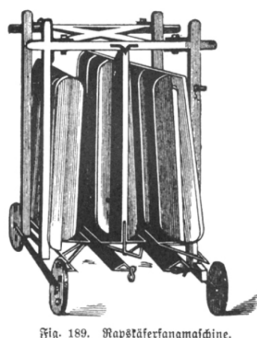
Wie bei den gestäubten Gesteinsmehlen, ist die Wirksamkeit auch bei einer Ausbringung von in Wasser gelösten Gesteinsmehlen stark witterungsabhängig. Bei DANIEL (2011 a) erbrachten bei regenreicher Witterung  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  Klinospray (Klinoptinolit) nur für einen Tag einen Wirkungsgrad von etwa 50 %, bei trockener Witterung wurden mit  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  der gleiche Wirkungsgrad für etwa eine Woche erzielt.

### Pflanzenöle in Kombination mit Gesteinsmehlen

Die Kombination von Gesteinsmehlen mit Ölen erzielte in einigen Versuchen in der Schweiz hohe Wirkungsgrade bei der Regulierung der Rapsglanzkäfer. Die Varianten SilicoSec/Silikaben + Telmion (Rapsöl) und Urgesteinsmehl + Nu-Film-17 erreichten bis fünf Tage nach Applikation Wirkungsgrade von bis zu 77 % (BREITENMOSE, 2008). Eine Kombination aus SilicoSec + Rapsöl und Steinmehl + Kiefernöl erreichte ähnlich hohe Wirkungsgrade und war damit mit dem in der Schweiz für den Rapsanbau zugelassenen Insektizid Audienz (Wirkstoff Spinosad) vergleichbar (JOSSI & HUMPHRYS, 2010). Vermutlich wird die hohe Wirksamkeit durch die Zugabe von Öl zu den Gesteinspräparaten verursacht. Auf den behandelten Pflanzen kommt es dadurch zu einer besseren und gleichmäßigeren Haftung, so dass der Kontakt der Käfer mit den Präparaten begünstigt wird. Die Autoren weisen aber darauf hin, dass Ertragserhebungen zwingend notwendig sind, um die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes dieser Mittel zu überprüfen.

### Käfersammelgeräte

Mit Hilfe von Käfersammelgeräten sollen die Rapsglanzkäfer von den Rapspflanzen abgestreift werden und in Auffanggefäßen gesammelt werden. Besonders in älterer Literatur findet diese mechanische Kontrollmethode noch Erwähnung. Die Abbildung 1 stammt aus einem Buch aus dem Jahre 1898 (SCHLIPF, 2002). Anstelle von Auffangwannen wurden bei diesem Gerät mit Teer bestrichene Bleche benutzt. Auch von FRIEDRICH (1921) wird diese mechanische Methode noch erwähnt, die er wegen des mangelnden Erfolges verwirft. Die Brüder Armin und Hilmar Hey haben eine Fangmaschine für den Frontanbau entwickelt, mit einer Arbeitsbreite von 4,5 m. Die Reihenweite der Rapskultur muss hierfür knapp



**Abbildung 1:** Rapskäferfangmaschine (aus SCHLIPF, 1898)



40 cm betragen. Die Maschine ist für eine Arbeitgeschwindigkeit von 6 bis 6,5 km h<sup>-1</sup> ausgelegt (HEY, 1999 in WEIHER, 2007). Aktuell werden diese Geräte teilweise noch in Norddeutschland eingesetzt. Die Reduktion des Käferbesatzes von bis zu 30 % (DANIEL & MESSERLI, 2009) ist allerdings gering.

#### Flüchtige Substanzen für eine Push-pull-Strategie

Diese Strategie zielt darauf ab, mit Hilfe von flüchtigen Substanzen Schädlinge von der Hauptkultur zu vergrämen (push) und sie zu einer anderen Kultur hinzulocken (pull).

Laut MAUCHLINE et al. (2005) eignet sich nach Laborstudien Lavendelöl als Repellent für den Einsatz einer Push-pull-Strategie. Mit dieser Strategie würden beispielsweise die Schädlinge von der mit Lavendelöl behandelten Rapskultur vergrämt (push) werden, um zeitgleich von einer attraktiven Kultur, z. B. einem Rübsen angelockt (pull) zu werden.

Der Einsatz von Lavendelöl bzw. Gülle (jeweils separat) erzielte in einer Arbeit von JOSSI & HUMPHRYS (2010) eine Reduktion des Rapsglanzkäferbefalls um 37,5 bzw. 62,5 % einen Tag nach Applikation. Die Wirkung ließ aber rasch nach und betrug fünf Tage nach Anwendung noch 23 % bei der Gülle und unter 5 % beim Lavendelöl. Der Nachteil von Duftstoffen ist die schnelle Verflüchtigung, was einen mehrfachen Einsatz notwendig machen dürfte. Hinzu kommen zumindest bei Lavendelöl die sehr hohen Kosten. ABUDULAI et al. (2011) testeten den Einsatz von duftstoffinduzierenden Substanzen. Dabei wurde der Rübsen mit Salicylsäure besprüht, welches zu einer Produktion von Alkenyl-Glucosinolaten führt, deren Spaltprodukte attraktiv für Brassica-Spezialisten sind. Die Rapspflanzen wurden mit Methyl-Jasmonat besprüht, welches die Bildung von Indolyl-Glucosinolaten induziert, deren Spaltprodukte von der Rapspflanze als Schutz vor Schädlingen abgesondert werden. Die Hypothese, nach der die Rübsenkultur durch die Induktion gegenüber dem Raps für Rapsschädlinge attraktiver wurde, konnte im Gegensatz zu der unbehandelten Kontrolle sowohl in Labor- wie auch in Feldversuchen nur tendenziell bestätigt werden, eine Differenzierung nach Schädlingen wurde nicht vorgenommen.

#### Sonstiges

DANIEL & MESSERLI (2009) empfehlen Kalkspritzungen am Feldrand zur optischen Desorientierung der Schädlinge. Für die Wirksamkeit dieser Methode fehlt jedoch der quantitative Nachweis.

### **3. MATERIAL UND METHODIK**

#### **3.1. Versuchsstandorte**

Drei naturräumlich verschiedene Versuchsstandorte wurden in den Versuchsjahren von 2009 bis 2011 für die Untersuchungen genutzt. Am Standort Dahnsdorf befindet sich das Versuchsfeld der Außenstelle Kleinmachnow des Julius Kühn-Institutes, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI). Der Standort Trenthorst ist Versuchsbetrieb des Johann Heinrich von Thünen-Institutes (vTI). Als dritter Standort wurde ein Praxisbetrieb in Liemehna gewählt, die Gutshof Klinge Agrar GbR. Die Standorte Dahnsdorf und Liemehna standen in allen drei Jahren zur Verfügung. Am Standort Trenthorst machte die sehr späte Saat im Herbst 2010, ein Winter mit Wechselfrösten und ein Frühjahr mit schwierigen Bodenverhältnissen eine Unkrautregulierung unmöglich und einen Umbruch der Bestände im Jahre 2011 nötig. Als Folge dessen beschränkte sich die Erfassung der Daten am Standort Trenthorst auf die Jahre 2009 und 2010.

##### **3.1.1. Geographische Lage, Topographie**

###### Dahnsdorf

Die Versuchsflächen befinden sich 58 km südwestlich von Berlin im Land Brandenburg, Landkreis Potsdam-Mittelmark (Abb. 2, S. 33). Die topographische Höhe liegt zwischen 77 und 85 m über NN. Das Versuchsfeld hat eine Gesamtfläche von 38 ha.

###### Trenthorst

Der insgesamt 600 ha umfassende Versuchsbetrieb des Instituts für Ökologischer Landbau (OEL) des vTI befindet sich im ostholsteinischen Hügelland (Schleswig-Holstein), südöstlich von Bad Oldesloe, ca. 15 km südwestlich von Lübeck (Abb. 2, S. 33). Die topographische Höhe liegt zwischen 10 und 30 m über NN, die Flächen weisen eine geringe Hangneigung auf.

###### Liemehna

Der Versuchsstandort in Liemehna liegt etwa 10 km nördlich von Leipzig im Landkreis Delitzsch (Sachsen) (Abb. 2, S. 33). Die topographische Höhe beträgt etwa 140 m über NN.



**Abbildung 2:** Geographische Lage der drei Versuchsstandorte.

### **3.1.2. Bodenbeschaffenheit**

#### Dahnsdorf

Die Böden des Standortes sind geprägt durch eine 30 bis 100 cm mächtige Sandlößüberlagerung aus der Saale- und Weichseleiszeit. Als Bodenart herrscht lehmiger Sandboden/schluffiger Sand mit einer mittleren Bodenpunktzahl von 48 vor, der Gehalt an organischer Substanz liegt bei 1,4 %, der pH-Wert beträgt 5,8.

#### Trenthorst

Am Versuchsstandort herrschen sandige bis tonige Lehm Böden mit einem hohen Schluffanteil vor. Die Beschaffenheit der Böden macht eine Bearbeitung nur in einem sehr kurzen Zeitfenster möglich (Minutenböden). Die Bodenpunktzahl liegt zwischen 50 und 65.

#### Liemehna

Die Böden der Region sind geprägt durch Lößablagerungen. Am Versuchsstandort herrscht von der Eiszeit beeinflusster staunässebestimmter Decklöß und Lößtieflern vor. Die Bodenpunktzahl schwankt zwischen 40 und 49 (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE, 2010).

### **3.1.3. Klima**

#### Dahnsdorf

Das Standortklima ist kontinental geprägt, die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 9,5 °C, der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 587 mm. Häufige Vorkommertrockenheiten kennzeichnen den Standort.

#### Trenthorst

Das Klima ist durch die Nähe des Standortes zur Ostsee geprägt. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 681 mm pro Jahr, die Jahresdurchschnittstemperatur 8,7 °C.

#### Liemehna

Wie am Standort Dahnsdorf herrscht kontinental geprägtes Klima vor, die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 8,8 °C, der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 512 mm.

### **3.1.4. Fruchtfolge**

#### Dahnsdorf

- Raps-Reinsaatfläche: Raps – Winterweizen – Luzerne-Kleegras – Kartoffel – Winterroggen – Erbse (ab 2010 Erbse/Leindotter)
- Raps-Mischsaatfläche: Raps/Rübsen – Winterweizen – Luzerne-Kleegras – Kartoffel – Winterroggen – Erbse/Leindotter

#### Trenthorst

In Trenthorst wurden die Flächen in einigen Jahren geteilt, so dass auf diesen zeitgleich zwei Kulturen standen.

- Versuchsfläche 2009: Winterraps (mit und ohne Rübseneinsaat) – Erbse/Leindotter – Sommerweizen – Öllein oder Ackerbohne – Triticale – Kleegras
- Versuchsfläche 2010: Winterraps (mit und ohne Rübseneinsaat) – Mischfrucht – Lupine oder Ackerbohne – Kleegras oder Sommergerste – Kleegras oder Triticale – Sommergerste oder blaue Lupine – Erbse-Sommergerste

#### Liemehna

Winterraps (mit und ohne Rübseneinsaat) – Winterweizen – Gerste oder Hafer-Triticale – Leguminose (Erbse oder Lupine oder Ackerbohne) – Winterweizen

### 3.1.5. Sortenwahl

Die in den drei Versuchsjahren an den jeweiligen Standorten verwendeten Rapssorten sowie ihre wichtigsten agronomischen Merkmale können Tabelle 2 entnommen werden. Bei allen Sorten handelt es sich um Liniensorten. An allen drei Standorten wurde zusätzlich zur Raps-Reinsaat eine Raps-Rübsen-Mischsaat mit der jeweiligen Rapssorte und der Winterrübsensorte „Largo“ ausgesät. Der Rübsenanteil betrug bei der Aussaat 10 %. „Largo“ ist eine schwedische Sorte, wurde 2002 zugelassen und verfügt über eine 00-Qualität (OFORI, 2007), so dass eine Ernte zusammen mit dem Raps möglich ist und qualitativ negative Auswirkungen auf die Ölqualität nicht zu erwarten sind. Dennoch sind aus geschmacklichen Gründen dem maximalen Rübsenanteil in der Mischsaat Grenzen gesetzt. Dieser wurde beispielsweise von der *Teutoburger Ölmühle* bei Verkostungen auf 10 % festgelegt.

**Tabelle 2:** Übersicht über die agronomischen Merkmale der an den Versuchsstandorten verwendeten Rapssorten in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 (Dahn = Dahnsdorf, Trent = Trenthorst, Lie = Liemehna).

| Sorte                | Standort   | Anbaujahr  | Blüh-<br>beginn | Reife | Entw. vor<br>Winter | TKM  | Ertrag | Ölertrag | Ölgehalt |
|----------------------|------------|------------|-----------------|-------|---------------------|------|--------|----------|----------|
| Oase <sup>1</sup>    | Dahn       | `09        | 3               | 5     | 5                   | 4    | 7      | 7        | 8        |
| Robust <sup>3</sup>  | Dahn/Trent | `10/`09`10 | ms              | mf    | k.A.                | k.A. | ++     | ++       | k.A.     |
| Express <sup>2</sup> | Lie        | `09`10`11  | 3               | 4     | k.A.                | 4    | 6      | 6        | 7        |
| Vision <sup>1</sup>  | Lie        | `09`10`11  | 3               | 5     | 5                   | 4    | 8      | 8        | 6        |
| Lorenz <sup>1</sup>  | Trent      | `10        | 3               | 4     | 5                   | 4    | 7      | 7        | 8        |

<sup>1</sup> BUNDESSORTENAMT, 2010

<sup>2</sup> BUNDESSORTENAMT, 2009

<sup>3</sup> HILTBRUNNER et al., 2010

phänologische Daten 1 = sehr früh, 9 = sehr spät

Ertrag, TKM etc. 1 = sehr niedrig, 9 = sehr hoch

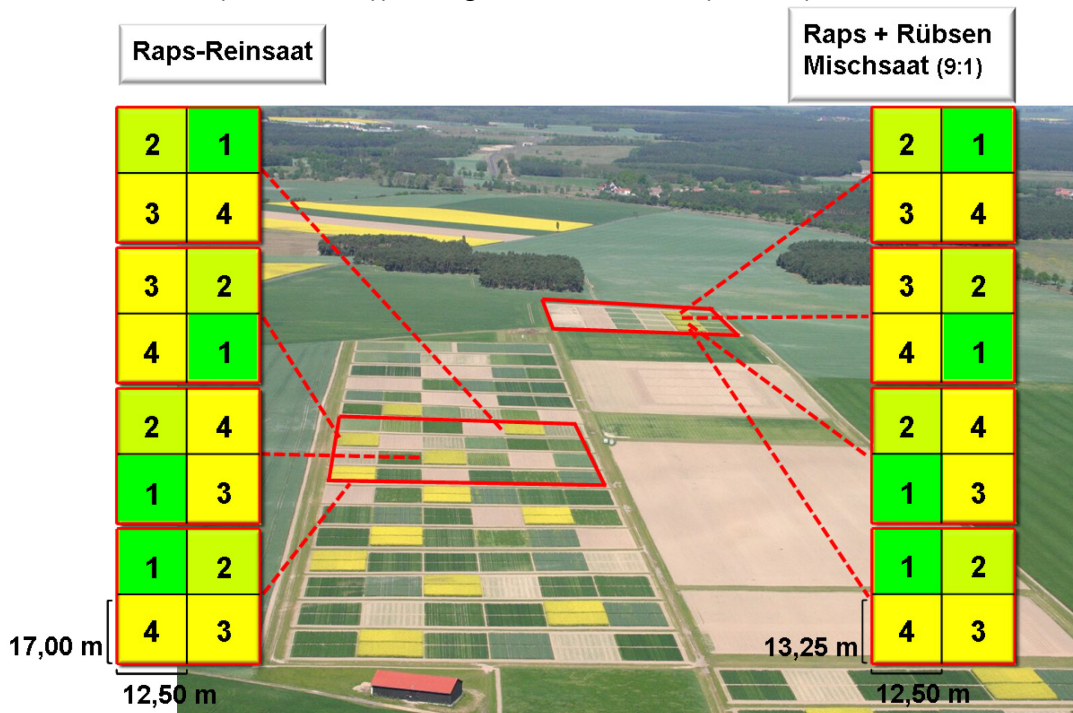
k. A. = keine Angabe, ms = mittelspät, mf = mittelfrüh

### 3.1.6. Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung

#### Dahnsdorf

Zwei Versuchsflächen (Abstand zueinander ca. 500 m) standen in den drei Versuchsjahren am Standort Dahnsdorf zur Verfügung, welche seit 2004 nach EU-Ökoverordnung zertifiziert sind (Kontrollnummer D-ST-043-48291). Auf beiden Flächen wurde eine randomisierte Blockanlage mit je vier Wiederholungen (Block A bis D) angelegt. Auf der ersten Fläche, im Folgenden als Mischsaat bezeichnet, wurde die Raps-Rübsen-Mischsaat etabliert. Die Fläche jedes Blockes betrug 650 m<sup>2</sup> (26,5 x 25 m). Auf der zweiten Fläche, im Folgenden als Reinsaat bezeichnet, wurde Winterraps in Reinsaat ausgesät. Die Fläche jedes Blockes betrug 850 m<sup>2</sup>

(34 x 25 m). Die Zuordnung der Varianten zu den Parzellen (17 x 12,5 m (Reinsaat); 13,25 x 12,5 m (Mischsaat)) erfolgte randomisiert (Abb. 3).



**Abbildung 3:** Luftbildaufnahme des Versuchsstandortes Dahnsdorf. Rot umrandet dargestellt sind die beiden Versuchsfelder sowie die Anordnung der Varianten (1 bis 4) in den Blöcken in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011.

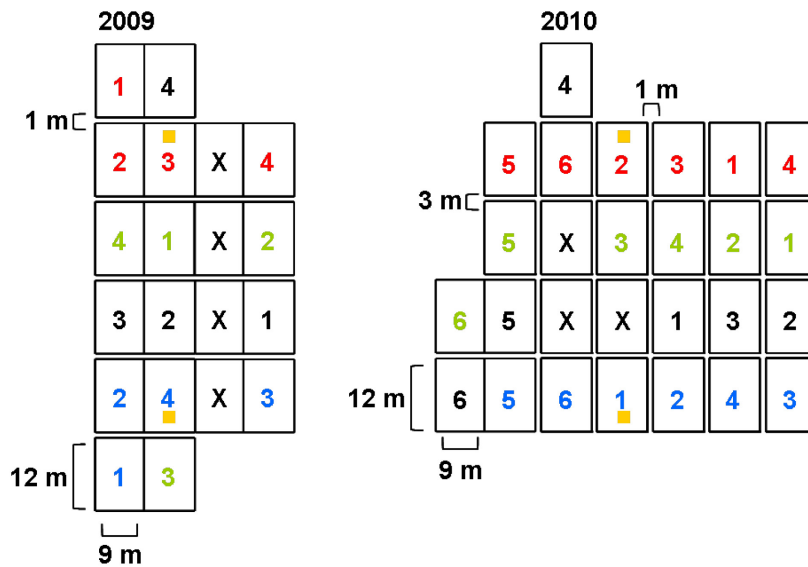
### Trenthorst

Der Versuch wurde in den Jahren 2009 und 2010 auf zwei Flächen angelegt. Auf der ersten Fläche, im Folgenden als Trenthorst (Blockanlage) bezeichnet, wurde eine randomisierte Blockanlage mit vier Pflanzenschutzvarianten in vierfacher Wiederholung angelegt. Die Fläche der Parzellen betrug 108 m<sup>2</sup> (9 x 12 m). In der gesamten Blockanlage wurde Raps als Reinsaat ausgesät (Abb. 4, S. 37).

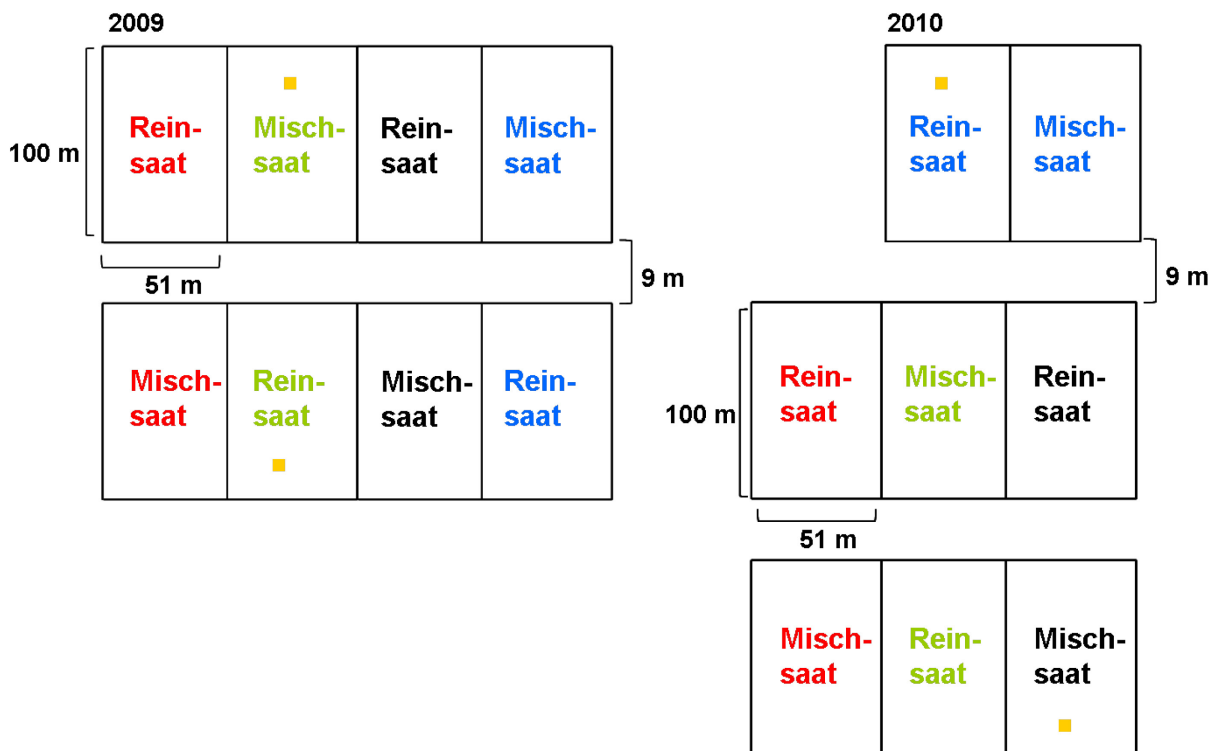
Die zweite Fläche, im Folgenden als Trenthorst (Großparzelle) bezeichnet, bestand aus 8 Parzellen (Blockanlage) mit jeweils 5.100 m<sup>2</sup> (51 x 100 m) Fläche. In vier Parzellen wurde Raps als Reinsaat, in den übrigen vier Parzellen die Raps-Rübsen-Mischsaat ausgesät. Die Varianten lagen abwechselnd nebeneinander (Abb. 5, S. 37).

### Liemehna

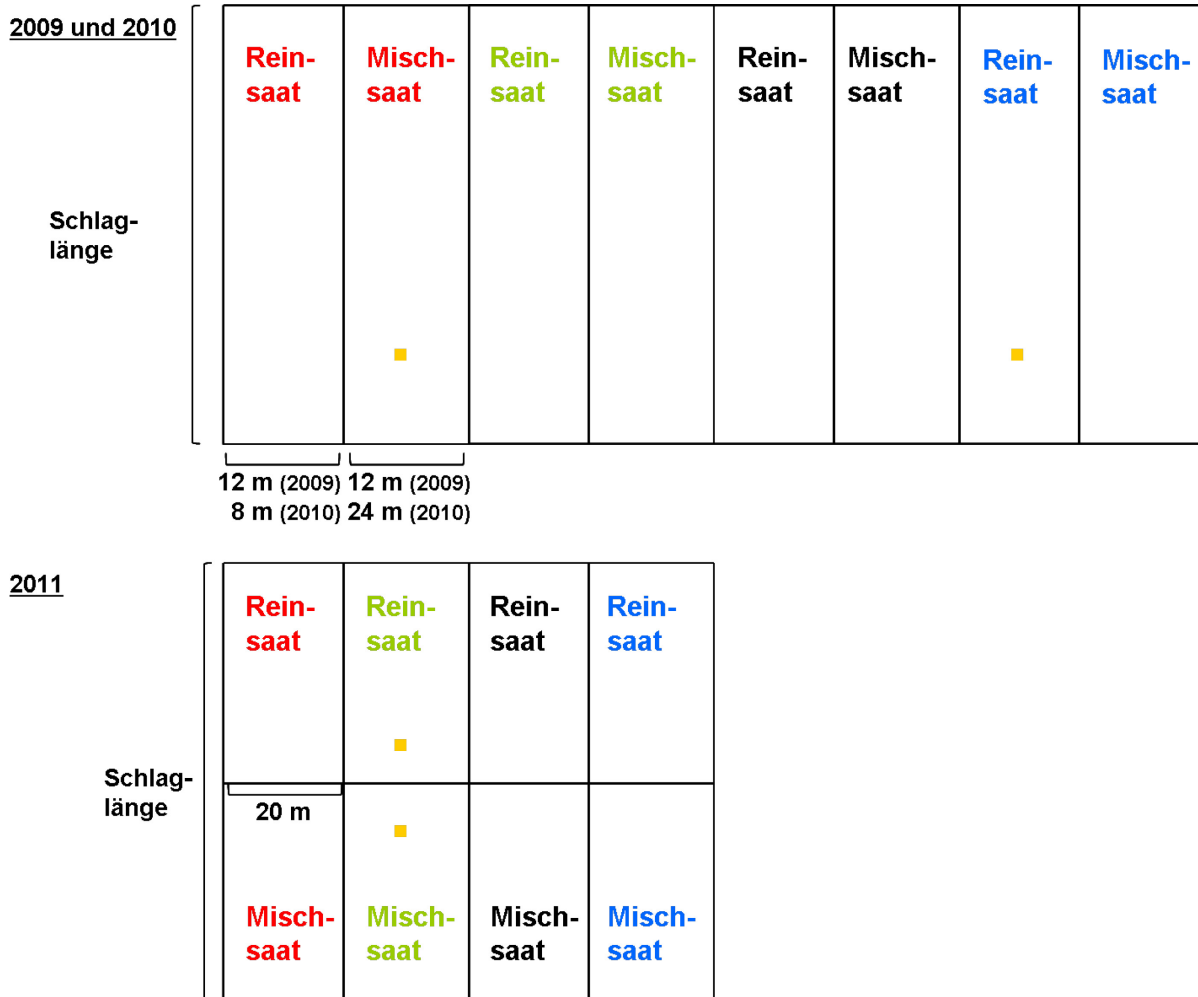
Die Versuchsfläche in Liemehna wird durch den Gutshof Klinge Agrar GbR nach EU-Ökoverordnung bewirtschaftet. Die Versuchspartzen wurden in den drei Versuchsjahren als Großparzellen in einen bestehenden Rapsschlag integriert. In je



**Abbildung 4:** Schematische Darstellung der Versuchsanlage Trenthorst (Blockanlage) in den Versuchsjahren 2009 und 2010. Die Zahlen kennzeichnen Parzellen in denen Pflanzenschutzmittel getestet wurden (Varianten 1 bis 6), Parzellen mit X wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Gleiche Farben kennzeichnen die jeweiligen Blöcke, gelbe Punkte stehen für Gelbschalenstandorte.



**Abbildung 5:** Schematische Darstellung der Versuchsanlage Trenthorst (Großparzelle) in den Versuchsjahren 2009 und 2010. Gleiche Farben kennzeichnen die jeweiligen Blöcke, gelbe Punkte stehen für Gelbschalenstandorte.



**Abbildung 6:** Schematische Darstellung der Versuchsanlage Liemehna in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011. Schlaglänge ca. 400 m. Gleiche Farben kennzeichnen die jeweiligen Blöcke, gelbe Punkte stehen für Gelbschalenstandorte.

vierfacher Wiederholung wurden die beiden Varianten Raps-Reinsaat und die Raps-Rübsen-Mischsaat ausgesät. Die beiden Varianten lagen abwechselnd nebeneinander mit einer jeweiligen Breite von 12 m in 2008/2009, 24 m (Mischsaat) und 8 m (Reinsaat) in 2009/2010. Die Länge der Parzellen erstreckte sich über den gesamten Schlag. 2010/2011 wurden aus arbeitstechnischen Gründen (späte Saat) die beiden Kulturvarianten als jeweils ein Block nebeneinander gesät. Die Parzellen wurden überlappend in diese Blöcke gelegt, so dass eine Hälfte der Parzellen aus der Raps-Reinsaat und die andere aus der Raps-Rübsen-Mischsaat bestand (Abb. 6).

### 3.1.7. Kulturführung

Auf den beiden folgenden Seite ist in den Tabellen 3, 4 und 5 die Kulturführung auf den drei Versuchsstandorten dargestellt.



**Tabelle 3:** Übersicht über den Versuchsaufbau und die Kulturführung an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2008/2009 (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), PSM = Pflanzenschutzmittel, KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)).

| 2008/2009                   | Dahnsdorf  |                    | Trenthorst  |                    |                         | Liemehna  |                            |
|-----------------------------|--|--------------------|---|--------------------|-------------------------|---|----------------------------|
|                             | Reinsaat   | Mischsaat          | Großparzelle<br>Reinsaat  | Mischsaat          | Blockanlage<br>Reinsaat | Reinsaat  | Mischsaat                  |
| Vor-Vorfrucht               | Winterroggen   |                    | Triticale   |                    |                         | Weizen  |                            |
| Vorfrucht                   | Erbse*   | Erbse*/Leindotter  | Kleegras  |                    |                         | Hafer   |                            |
| Kulturvorbereitung          | Mulch. + Scheibenegge 11.08.   |                    | Pflug + Packer Ende Juli  |                    |                         | Stoppelbearbeitung + Pflug  |                            |
| Saatbettbereitung           | Pflug /Packer + Grubber 27.08.   |                    | Kreiselegge + Frontgrubber 04.09.   |                    |                         | Grubber   |                            |
| Saattermin                  | 27.08.   |                    | 04.09.  |                    |                         | 29.08.  |                            |
| Sortenwahl                  | Oase   | Oase + Largo (9:1) | Robust  | Rob. + Largo (9:1) | Robust                  | Express + Vision  | Expr. + Vis. & Largo (9:1) |
| Saatstärke                  | 3,3 kg = 71 Körner m <sup>2</sup>  |                    | 3,3 kg = 71 Körner m <sup>2</sup>   |                    |                         | 6 kg = 130 Körner m <sup>2</sup>  |                            |
| Reihenabstand               | 21 cm  |                    | 37,5 cm   |                    |                         | 14 cm   |                            |
| Parzellengröße              | 17 x 12,5 m  | 13 x 12,5 m        | 51 x 100 m  |                    | 9 x 12 m                | 12 m x Schlaglänge  |                            |
| Varianten/Wdh.              | 4/4  |                    | 2/4   |                    | 4/4                     | 2/4   |                            |
| Saataufgang                 | 02.09.   |                    | 15.09.  |                    |                         | 08.09.  |                            |
| Hackeinsatz                 | 20.10./03.04.  |                    | 25.10./21.03./07.04.  |                    |                         | -   |                            |
| Düngung                     | 200 kg Kieserit ha <sup>-1</sup> 04.03<br>(25% MgO; 20% S)                                     |                    | nur in der Großparzelle:<br>40 m <sup>3</sup> Gülle ha <sup>-1</sup> 30.07. (0,1% NH <sub>4</sub> )<br>30 m <sup>3</sup> Gülle ha <sup>-1</sup> 20.03. (0,14% NH <sub>4</sub> ) |                    |                         | 150 dt ha <sup>-1</sup> Stallmist End. Juli '08, 10 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup><br>Getreideschlempe 02.03. (0,33% N; 0,09 %<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 0,25% K) |                            |
| sonstige<br>Kulturmaßnahmen | Herbst: 146 Mauseschlagfallen<br>aufgestellt, v.a. in der Rein-<br>saat + Göttinger Fangwannen |                    | 2-malig Schneckenkorn vor Winter<br>ausgebracht   |                    |                         |   |                            |
| PSM gegen RSR/KTR           | ja   |                    | nein  |                    | nein                    | nein  |                            |
| PSM gegen RGK               | ja   |                    | nein  |                    | ja                      | nein  |                            |
| Ernte                       | 21.07.   | 23.07.             | 06.08.  |                    |                         | 14.07.  |                            |

\* Erbse mit Körnern gemulcht.

**Tabelle 4:** Übersicht über den Versuchsaufbau und die Kulturführung an den Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009/2010 (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), PSM = Pflanzenschutzmittel, KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)).

| 2009/2010                   | Dahnsdorf  |                      | Trenthorst   |                    |                         | Liemehna   |                              |
|-----------------------------|--|----------------------|--|--------------------|-------------------------|--|------------------------------|
|                             | Reinsaat   | Mischsaat            | Großparzelle<br>Reinsaat   | Mischsaat          | Blockanlage<br>Reinsaat | Reinsaat   | Mischsaat                    |
| Vor-Vorfrucht               | Winterroggen   |                      | Sommergerste/blaue Lupine  |                    |                         | Weizen   |                              |
| Vorfrucht                   | Erbse*/Leindotter  |                      | Erbse/Sommergerste   |                    |                         | Triticale  |                              |
| Kulturvorbereitung          | Sch.egge/Pflug/Grubber 13.08.  |                      | Pflug + Packer Ende Juli   |                    |                         | Stoppelbearbeitung + Pflug   |                              |
| Saatbettbereitung           | Grubber 24.08.   |                      | Kreiselegge + Frontgrubber 19.08.  |                    |                         | Grubber  |                              |
| Saattermin                  | 25.08.   |                      | 20.08.   |                    |                         | 29.08.   |                              |
| Sortenwahl                  | Robust   | Robust + Largo (9:1) | Robust   | Rob. + Largo (9:1) | Lorenz                  | Express + Vision   | Expr. + Vision & Largo (9:1) |
| Saatstärke                  | 4,3 kg = 71 Körner m <sup>2</sup>  |                      | 3,3 kg = 71 Körner m <sup>2</sup>  |                    |                         | 5 kg = 110 Körner m <sup>2</sup>   |                              |
| Reihenabstand               | 21 cm  |                      | 37,5 cm  |                    |                         | 14 cm  |                              |
| Parzellengröße              | 17 x 12,5 m  | 13 x 12,5 m          | 51 x 100 m   |                    | 9 x 12 m                | 24 m (Reins.)/8 m (Misch) x Schlaglänge  |                              |
| Varianten/Wdh.              | 4/4  |                      | 2/4  |                    | 6/4                     | 2/4  |                              |
| Saataufgang                 | 05.09.   |                      | 28.08.   |                    |                         | 06.09.   |                              |
| Hackeinsatz                 | 08.04./14.04.  |                      | 24.09./09.04./15.04.   |                    |                         | -  |                              |
| Düngung                     | 200 dt ha <sup>-1</sup> Rindermist 05.08.<br>204 kg ha <sup>-1</sup> Kieserit 11.03.<br>(25% MgO; 20% S) |                      | Nur in der Großparzelle:<br>30 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> Gülle 22.09. (0,07% NH <sub>4</sub> )<br>30 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> Gülle 26.03. (0,07% NH <sub>4</sub> ) |                    |                         | 300 dt ha <sup>-1</sup> Rindermist 04.08., Blattdüngung<br>19.04. (2 kg Netz-S + Akra Blatt (12% S; 6% MgO;<br>1,5% Fe; 0,8% Cu; 0,7% Mn; 0,4% Zn) |                              |
| sonstige<br>Kulturmaßnahmen | Herbst: 123 Mauseschlagfallen<br>aufgestellt, v.a. in der Rein-<br>saat + Göttinger Fangwannen           |                      | 2-malig Schneckenkorn vor Winter<br>ausgebracht  |                    |                         |  |                              |
| PSM gegen RSR/KTR           | ja   |                      | nein   |                    |                         | nein   |                              |
| PSM gegen RGK               | ja   |                      | nein   |                    |                         | ja   |                              |
| Ernte                       | 30.07.   |                      | 21.07.   |                    | 07.08.                  | Ende August  |                              |

\* Körner abgeerntet.

**Tabelle 5:** Übersicht über den Versuchsaufbau und die Kulturführung an den Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2010/2011 (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), PSM = Pflanzenschutzmittel, KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)).

|                          | Dahnsdorf  |                      | Liemehna  |                              |
|--------------------------|--|----------------------|---|------------------------------|
| 2010/2011                | Reinsaat   | Mischsaat            | Reinsaat  | Mischsaat                    |
| Vor-Vorfrucht            | Winterroggen   |                      | Erbsen  |                              |
| Vorfrucht                | Erbse*/Leindotter  |                      | Weizen  |                              |
| Kulturvorbereitung       | Scheibenegge/Pflug 10.08.  |                      | Stoppelbearbeitung + Pflug  |                              |
| Saatbettbereitung        | Grubber 24.08.   |                      | Grubber   |                              |
| Saattermin               | 25.08.   |                      | 07.09.  |                              |
| Sortenwahl               | Robust   | Robust + Largo (9:1) | Express + Vision  | Expr. + Vision & Largo (9:1) |
| Saatstärke               | 4,3 kg = 71 Körner m <sup>2</sup>  |                      | 6 kg  |                              |
| Reihenabstand            | 21 cm  |                      | 14 cm   |                              |
| Parzellengröße           | 17 x 12,5 m  | 13 x 12,5 m          | 20 m x Schlagbreite   |                              |
| Varianten/Wdh.           | 4/4  |                      | 2/4   |                              |
| Saataufgang              | 05.09.   |                      | 14.09.  |                              |
| Hackeinsatz              | 23.09./27.10./11.04.   |                      | -   |                              |
| Düngung                  | 200 dt ha <sup>-1</sup> Rindermist 05.08.<br>214 kg ha <sup>-1</sup> Kieserit 08.03.<br>(25% MgO; 20% S) |                      | 12.10.: 100 dt ha <sup>-1</sup> Schlempe (0,66% N; 0,64% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 1,1% K <sub>2</sub> O; 0,29% SO <sub>4</sub> ), 200 kg ha <sup>-1</sup> Akra Kombi (0,2% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 0,4% K <sub>2</sub> O; 9,4% MgO; 4,4% Fe) |                              |
| sonstige Kulturmaßnahmen | Herbst: 15 Mäuseschlagfallen aufgestellt, v.a. in der Reinsaat + Göttinger Fangwannen                    |                      |   |                              |
| PSM gegen RSR/KTR        | ja   |                      | nein  |                              |
| PSM gegen RGK            | ja   |                      | nein  |                              |
| Ernte                    | 18.08. (nur Mischsaat)   |                      | 15.08.  |                              |

\* Körner abgeerntet.

### 3.2. Kulturbegleitende Datenerfassungen

Die Tabellen 6, 7 und 8 bieten einen Überblick über die an den Standorten durchgeführten kulturbegleitenden Erhebungen.

**Tabelle 6:** Übersicht über die kulturbegleitenden Datenerfassungen an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2008/2009 (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), REF = Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), KSR = Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull), KSM = Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*)).

| 2008/2009                              | Dahnsdorf              | Großparzelle Trenthorst                  | Blockanlage | Liemehna             |
|--|------------------------|--|-------------|----------------------|
|  | Reinsaat + Mischsaat   | Reinsaat + Mischsaat                     | Reinsaat    | Reinsaat + Mischsaat |
| <b>Bestandesdichte</b>                 |                        |  |             |                      |
| Herbst                                 | 06.11. (BBCH 16/17)    | 06.11. (BBCH 15/16)                      | 06.11.      | 24.10. (BBCH 16/17)  |
| Frühjahr                               | 03.03. (BBCH 17/18)    | 17.03. (BBCH 17/18)                      | 17.03.      | 03.03. (BBCH 17/18)  |
| <b>Zeiternten</b>                      |                        |  |             |                      |
| Sommer                                 | -                      | 15.07. (BBCH 83/89 Raps/Rüb.)            | -           | 13.07. (BBCH 85)     |
| <b>Bodenproben</b>                     |                        |  |             |                      |
| Herbst                                 | -                      | 09.09. (0–90 cm)                         | -           | 26.09. (0–90 cm)     |
| Frühjahr                               | Ende März (0–60 cm)    | 17.03. (0–90 cm)                         | -           | 10.03. (0–90 cm)     |
| nach Ernte                             | -                      | 11.08. (0–90 cm)                         | -           | -                    |
| <b>Schädlingsdynamik (Gelbschalen)</b> | 07.–22.04.             | 02.04.–12.05.                            |             | 26.03.–20.04.        |
| <b>Schädlingsbonitur</b>               |                        | 06./9./14./16./20./24./27.04. (Großpar.) |             |                      |
| RGK                                    | 07./14./15./20./22.04. | 09./14./15./20./21./27.04. (Blockanl.)   |             | 06./16./20.04.       |
| RSR, KTR, REF                          | 08.05. (BBCH 72)       | 18.05. (BBCH 67–69)                      | -           | 19.05. (BBCH 77)     |
| KSR, KSM                               | 15.06. (BBCH 80)       | 30.06. (BBCH 80–87)                      | 30.06.      | 19.06. (BBCH 80)     |

**Tabelle 7:** Übersicht über die kulturbegleitenden Datenerfassungen an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009/2010 (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), REF = Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), KSR = Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull), KSM = Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*).

| 2009/2010                       | Dahnsdorf                              | Großparzelle Trenthorst                      | Blockanlage | Liemehna             |
|---------------------------------|--|--|-------------|----------------------|
|                                 | Reinsaat + Mischsaat                   | Reinsaat + Mischsaat                         | Reinsaat    | Reinsaat + Mischsaat |
| <u>Bestandesdichte</u>          |  |  |             |                      |
| Herbst                          | 19.10. (BBCH 15/16)                    | 05.10. (BBCH 15–17)                          | 05.10.      | 14.10. (BBCH 14/15)  |
| Frühjahr                        | 03.03. (BBCH 17/18)                    | 29.03. (BBCH 30–51)                          | 29.03.      | 19.04. (BBCH 53–57)  |
| <u>Zeiternten</u>               |  |  |             |                      |
| Sommer                          | -                                      | 19.07. (BBCH 84–99)                          | -           | 20.07. (BBCH 89)     |
| <u>Bodenproben</u>              |  |  |             |                      |
| Herbst                          | -                                      | 24.08. (0–90 cm)                             | -           | 14.10. (0–90 cm)     |
| Frühjahr                        | Ende März (0–60 cm)                    | 15.03. (0–90 cm)                             | -           | 08.03. (0–90 cm)     |
| nach Ernte                      | -                                      | 10.08. (0–90 cm)                             | -           | 23.07. (0–90 cm)     |
| Schädlingsdynamik (Gelbschalen) | 22.03.–29.04.                          | 02.04.–29.04.                                |             | 01.–26.04.           |
| Schädlingsbonitur               | 06./08./12./14./19./22./24./26./29.04. | 1./6./9./13./16./19./22./26./29.04./4./6.05. |             |                      |
| RGK                             |  | 19./26./28./30.04./04.05 (Blockanl.)         |             | 12./19./22./26.04.   |
| RSR, KTR, REF                   | 19.05. (BBCH 69/73 Raps/Rüb)           | 26.05. (BBCH 67/70 Raps/Rüb)                 | -           | 17.05. (BBCH 65–67)  |
| KSR, KSM                        | 23.06. (BBCH 80/86 Raps/Rüb)           | 06.07. (BBCH 80/83 Raps/Rüb)                 | 06.07.      | 24.06 (BBCH 80)      |

**Tabelle 8:** Übersicht über die kulturbegleitenden Datenerfassungen an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2010/2011 (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), REF = Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), KSR = Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull), KSM = Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae*).

| 2010/2011                       | Dahnsdorf                  | Liemehna             |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------|
|                                 | Reinsaat + Mischsaat       | Reinsaat + Mischsaat |
| <u>Bestandesdichte</u>          |                            |                      |
| Herbst                          | 14.10. (BBCH 16/17)        | 12.11. (BBCH 14–15)  |
| Frühjahr                        | 09.03. (BBCH 16/17)        | 14.03. (BBCH 16–17)  |
| <u>Zeiternten</u>               |                            |                      |
| Sommer                          |                            | 12.07. (BBCH 86)     |
| <u>Bodenproben</u>              |                            |                      |
| Herbst                          | -                          | 12.11. (0–90 cm)     |
| Frühjahr                        | Ende März (0–60 cm)        | 30.03. (0–90 cm)     |
| vor Ernte                       |                            | 12.07. (0–90 cm)     |
| Schädlingsdynamik (Gelbschalen) | 14.03.–26.04.              | 28.03.–26.04.        |
| <u>Schädlingsbonitur</u>        |                            |                      |
| RGK                             | 06./11./15./18./20./26.04. | 11./15./18./26.04.   |
| RSR, KTR, REF                   | 04.05. (BBCH 65–67)        | 09.05. (BBCH 65–67)  |
| KSR, KSM                        | 08.06. (BBCH 79–82)        | 08.06. (BBCH 79–82)  |

### 3.2.1. Witterung

Am Standort Dahnsdorf wurden die Wetterdaten der sich auf dem Versuchsfeld befindlichen meteorologischen Station verwendet. In Trenthorst traten bei der Wetterstation auf dem Versuchsfeld technische Probleme auf, so dass überwiegend auf die Daten einer Wetterstation aus Lübeck (LENDT, 2011) in 15 Kilometer

Entfernung zurückgegriffen wurde. Für den Standort Liemehna wurden die Daten der DWD Wetterstation Leipzig-Schkeuditz (Entfernung etwa 15 Kilometer) zu Grunde gelegt.

### **3.2.2. Vegetationsstadium**

Das Vegetationsstadium wurde regelmäßig anhand der BBCH-Codierung (MEIER, 2001) erfasst. Dabei wurde die Codierung von Raps auf den Rübsen übertragen.

### **3.2.3. Bestandesdichte**

Vor und nach dem Winter wurde die Anzahl der Pflanzen pro m<sup>2</sup> erfasst. Hierfür wurden mittels Zählrahmen die Pflanzenanzahl in 4 Flächen à 0,25 m<sup>2</sup> bestimmt. In den Mischsaaten wurde nach Raps und Rübsen unterschieden.

### **3.2.4. Zeiternte**

Die Zeiternte erfolgte im Sommer kurz vor der Ernte. Mittels Zählrahmen wurde der Pflanzenaufwuchs in 4 Flächen mit je 0,25 m<sup>2</sup> im mittleren Bereich jeder Parzelle bodennah abgeschnitten. Dabei wurde nach Raps und Rübsen differenziert. Die Zeiternte diente der Ermittlung des Korn- und Strohertrages sowie des Tausendkorngewichtes (TKG). Der Ertragsanteil des Rübsens in der Mischsaat konnte durch die Kornerträge der Zeiternte nur im Jahr 2009 bestimmt werden.

### **3.2.5. Ertragserhebung und Erntegutuntersuchungen**

Die Bestimmung des Kornertrages erfolgte an den Standorten Liemehna (2009 und 2011) und Trenthorst (Großparzelle, 2009) anhand der erhobenen Daten aus der Zeiternte, ansonsten mittels Mähdrusch. Die nach Pflanzenschutzmittelvarianten differenzierte Ernte erfolgte am Standort Dahnsdorf im Jahr 2009 durch einen Fahrfehler des Mähdreschers nur in der Reinsaat. In den Jahren 2010 und 2011 bereitete am Standort Dahnsdorf der starke Durchwuchs der geruchlosen Kamille (*Matricaria inodora* L.) (Abb. 8, S. 43) Probleme bei der Ernte der Versuchsflächen. Erschwerend hinzu kam im Jahr 2011 das Austreiben noch ruhender Knospen der Rapspflanzen infolge hoher Niederschläge im Juli (vgl. Kap. 4.1., S. 60). Dies hatte ein Wiederergrünen und teilweise eine zweite Blüte des Rapsbestandes zur Folge (Abb. 7, S. 43). Infolge dessen war eine Ernte nur in der Mischsaat möglich. Die durch den Mähdrescher geernteten Referenzflächen hatten folgende Größen: 23,4 m<sup>2</sup>/71,5 m<sup>2</sup>/159 m<sup>2</sup> (Dahnsdorf 2009, 2010 und 2011), 12,5 m<sup>2</sup> (Trenthorst,

Blockanlage 2009 und 2010), 33m<sup>2</sup> (Trenthorst Großparzelle 2010), 0,2 ha (Liemehna 2010). Zusätzlich zum Kornertrag wurden das TKG, der Besatz mit Unkrautsamen und der Feuchtegehalt bestimmt.



**Abbildung 7:** Wiederergrünte Rapspflanzen in der Rapsreinsaat (Sorte „Robust“) am Versuchsstandort Dahnsdorf, aufgenommen am 05. August 2011 (Foto: LUDWIG).



**Abbildung 8:** Starker Besatz der Raps-Rüben-Mischsaat mit Geruchloser Kamille (*Matricaria inodora* L.) am Versuchsstandort Dahnsdorf, aufgenommen am 08. Juni 2011 (Foto: LUDWIG).

### 3.2.6. Bodenproben

Die Bodenproben wurden je nach Standort differenziert in 0 bis 30 cm, 30 bis 60 cm und 60 bis 90 cm Tiefe entnommen. Analysiert wurde 2009 und 2010 N<sub>min</sub> in allen Tiefen und P, K, Mg, N<sub>t</sub>, C<sub>t</sub> und pH-Wert in 0 bis 30 cm. Im Jahr 2011 konnte N<sub>min</sub> nur am Standort Liemehna analysiert werden.

### 3.2.7. Schädlingsaktivität und Aktivitätsdynamik der Schädlinge

An jedem Versuchsstandort wurde mit jeweils zwei Gelbschalen, Typ Syngenta, mit Gitterabdeckung die Schädlingsdynamik im Frühjahr erfasst. Die Schalen wurden mit Wasser und einem Tropfen Detergenz (Spülmittel) zur Minderung der Oberflächenspannung gefüllt. Die Höhe der Gelbschalen wurde laufend an die Bestandeshöhe angepasst. Die Gelbschalen dienten der Erfassung des Flugbeginns

und der Flugaktivität der Schädlinge. Es wurde differenziert nach dem Großen Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), dem Gefleckten Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), dem Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) und dem Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull). Die Leerung der Gelbschalen erfolgte ab Flugbeginn bis zum Beginn der Blüte zweimal in der Woche. Bei Anwendung der Bekämpfungsschwellen auf die Gelbschalenfänge wurden die Bekämpfungsschwellen für die Stängelschädlinge halbiert, da die Fängigkeit der Gelbschalen von Stängelschädlingen durch Gitter nach derzeitigem Kenntnisstand um bis zu 40 % reduziert wird (ULBER, 2011).

### **3.2.8. Schädlingsbonituren**

#### Rapsglanzkäfer

Die Erfassung der Befallsstärke der Raps-/Rübsenpflanzen durch den Rapsglanzkäfer erfolgte regelmäßig durch Auszählen der Anzahl der Käfer auf dem Knospenstand der Hauptinfloreszenz. Es wurden an fünf Bonitурpunkten im mittleren Bereich jeder Parzelle mittels Reihenbonitur jeweils 10 Knospenstände ausgezählt. Angesichts der starken Auswinterung des Rübsens im Winter 2008/2009 und 2010/2011 am Standort Dahnsdorf, wurde hier beim Rübsen die Auszählung auf 10 (2009) bzw. mindestens 30 (2011) zufällig ausgewählte Rübsenpflanzen je Parzelle beschränkt.

#### Großer Rapsstängelrüssler, Gefleckter Kohltriebrüssler, Rapserdfloh

Für die Bonitur der Befallsstärke der Pflanzen mit Stängelschädlingen wurden aus den Parzellen Pflanzen entnommen. Hierfür wurden an vier Punkten im mittleren Bereich jeder Parzelle jeweils fünf in einer Pflanzenreihe stehende Pflanzen bodennah abgeschnitten. Die Pflanzenentnahme erfolgte in den Mischsaatflächen beim Raps analog, von dem Rübsen wurden im mittleren Bereich der Parzellen zufällig ebenfalls 20, bzw. 10 (Dahnsdorf, 2009 und 2011) Pflanzen entnommen. Die so entnommenen Pflanzen wurden von Seitentrieben und Blättern befreit und die verbliebenen Haupttriebe für die spätere Untersuchung eingefroren. Für diese wurden die Haupttriebe der Länge nach aufgeschnitten. Die Larven der Stängelschädlinge konnten so aus dem Stängel herauspräpariert werden. Die Bestimmung der Larven nach Arten erfolgte unter dem Mikroskop nach folgenden Kriterien:

- Larve relativ groß, eher rundlich geformt, schmutzig bis gelblich-weiß: Großer Rapsstängelrüssler
- Larve kleiner, eher länglich geformt, helleres Weiß: Gefleckter Kohltriebrüssler
- Larve mit drei Beinpaaren, eher klein und länglich geformt: Rapserdflöhen

Zusätzlich erfolgte das Ausmessen der Fraßganglänge als Schadausmaß des Befalls mit Stängelschädlingen pro Stängel.

#### Kohlschotenrüssler, Kohlschotenmücke

Die Schotenschädigung wurde an den Schotenständen des Haupttriebes ermittelt. Die Probenahme im Feld erfolgte analog zur Methodik bei den Stängelschädlingen. Die Bonitur der Schotenstände erfolgte wie folgt:

- Schote aufgeplatzt: Schädigung durch Kohlschotenmücke
- Schote aufgeplatzt und Ausbohrloch erkennbar: Schädigung durch Kohlschotenmücke und Kohlschotenrüssler
- Schote mit Ausbohrloch: Schädigung durch Kohlschotenrüssler
- Stielchen mit endständiger Verdickung: Schädigung durch Rapsglanzkäfer
- Stielchen kurz ohne Verdickung: physiologischer Schaden (z. B. durch Trockenheit verursacht)
- befallsfreie Schoten



**Abbildung 9:** Physiologische Knospenwelke am Versuchsstandort Trenthorst im Frühjahr 2009 (Foto: BÖHM).

In Trenthorst hatten sich 2009 durch die physiologische Knospenwelke an den obersten Trieben nur sehr unregelmäßig Schoten ausgebildet (Abb. 9). Aus diesem Grund wurde der Hauptschotenstand als derjenige Schotenstand definiert, der mindestens eine ausgereifte Schote ausgebildet hatte.



### 3.3. Beschreibung der angewandten Pflanzenschutzmittel und Zusatzstoffe

Im Folgenden werden die angewandten Pflanzenschutzmittel und Zusatzstoffe genannt und die enthaltenen Wirkstoffe beschrieben. Zur besseren Verständlichkeit werden im weiteren Verlauf der Arbeit nur noch die Wirkstoffnamen wie z. B. Kieselgur oder Spinosad verwendet und nicht mehr die dazugehörigen Handelsnamen des Pflanzenschutzmittels wie z. B. Agrinova Milbenfrei und SpinTor.

#### 3.3.1. Spruzit® Neu (Wirkstoff: Natur-Pyrethrum)

Spruzit® Neu wurde im Versuch zur Kontrolle des Großen Rapsstängelrüsslers und des Gefleckten Kohltriebrüsslers eingesetzt.

Das Mittel enthält den Wirkstoff Natur-Pyrethrum (a. i. 4,59 g l<sup>-1</sup> Pyrethrine, entspricht 18,36 g l<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum) und Rapsöl (a. i. 825,3 g l<sup>-1</sup>). Natur-Pyrethrum kommt in vielen Pflanzen vor, wirtschaftlich bedeutsam ist aber die Gewinnung aus den gelben Blütenköpfchen der Chrysantheme *Tanacetum cinerariaefolium*. Die insektizid wirkenden Substanzen sind Pyrethrin, Cinerin und Jasmolin, wobei mengenmäßig das Pyrethrin am bedeutsamsten ist. Es wird unterteilt in Pyrethrin I und II. Spruzit® Neu ist ein reines Kontaktinsektizid, weshalb auf eine vollständige Benetzung der Kulturen geachtet werden muss. Natur-Pyrethrum gelangt in erster Linie über die Hautöffnungen (Stigmen) in den Körper der Insekten. Die rasche Wirkung beruht auf der Lähmung des Nervensystems der Insekten, indem die Natriumkanäle, die für die Reizweiterleitung verantwortlich sind, blockiert werden. Infolge der unspezifischen Wirkung werden sowohl Schad- als auch Nutzinsekten geschädigt. Allerdings ist das Mittel als nicht toxisch für Bienen eingestuft. Ebenfalls besitzt Pyrethrum für Warmblüter nur eine geringe Toxizität. Natur-Pyrethrum wird durch Sonnenlicht und Sauerstoff schnell abgebaut. Eine rasche Wiederbesiedlung des Standortes sowohl von Schad- als auch Nutzinsekten ist die Folge (PROKOP, 2001).

Der zweite Wirkstoff von Spruzit® Neu ist Rapsöl. Durch den Zusatz von Rapsöl wird zum einen die Außenhaut der Insekten aufgeweicht, so dass die Pyrethrumaufnahme in den Insektenkörper deutlich gesteigert wird. Zusätzlich werden die Atmungsorgane (Tracheen) verklebt. Rapsöl besitzt eine sehr gute Wirkung auf die Ei-Stadien von Schädlingen. Dies ist insbesondere bei der Regulierung von Spinnmilben, Weißen Fliegen, Wollläusen und Thripsen wichtig



(NEUDORFF, 2009). Neben der insektiziden Wirkung kommt dem Rapsöl zum anderen die Aufgabe zu, die Photooxidation des Pflanzenschutzmittels zu mindern, eine Anwendung bei direkter Sonneneinstrahlung sowie bei Temperaturen über 25 °C wird durch den Hersteller dennoch nicht empfohlen.

Natur-Pyrethrum ist momentan in Deutschland nicht für die Anwendung im Rapsanbau zugelassen.

### **3.3.2. SpinTor (Wirkstoff: Spinosad)**

Das verwendete Pflanzenschutzmittel SpinTor enthält als Wirkstoff Spinosad (a. i. 480 g l<sup>-1</sup>).

Spinosad ist eine Mischung aus zwei sekundären Metaboliten (85 % Spinosyn A und 15 % Spinosyn D), die mittels aerober Fermentation von dem Bodenbakterium *Saccharopolyspora spinosa* (Actinomycet) produziert werden. Das Bakterium wurde 1982 in Bodenproben aus der Karibik entdeckt.

Spinosad beeinflusst die neuronale Aktivität im Nervensystem der Schadorganismen. Die Wirkung setzt bereits wenige Stunden nach der Behandlung ein und basiert auf einer Überstimulierung des Nervensystems. Die Überreizung der Neuronen führt zum Tod durch Erschöpfung innerhalb von ein bis zwei Tagen. Die Aufnahme erfolgt durch Fraß sowie durch Kontakt mit dem Wirkstoff (MATERIAL FACT SHEET SPINOSAD, 2011). Hierbei ist die Wirkung durch Fraßaufnahme 5 bis 10 mal höher als durch Kontakt (SCHMUTTERER & HUBER, 2005). Spinosad wird zur Kontrolle verschiedenster Schaderreger in unterschiedlichsten Kulturen (z. B. Thripse, Minierfliegen, Raupen) eingesetzt und ist seit Kurzem auch für die Regulierung des Kartoffelkäfers im Kartoffelanbau zugelassen. Spinosad wirkt nicht auf Blattläuse. Im Vergleich zu Pyrethrum hat Spinosad weniger Nebenwirkungen auf andere Insekten (SPEISER, 2007), die Wirkung ist vergleichsweise selektiv. Auch BRET et al. (1997) stufen Spinosad als deutlich weniger schädigend für Nutzinsekten ein. Problematisch ist die hohe Bientoxizität (B1 Einstufung), die solange besteht, wie der Spritzbelag noch nicht trocken ist. Aus diesem Grund wurde im Feldversuch bei der Anwendung von SpinTor darauf geachtet, dass zum Behandlungszeitpunkt die Raps- und Rübsenblüten noch geschlossen waren, um eine mögliche Gefährdung der Bienen so gering wie möglich zu halten. Der Abbau von Spinosad wird durch Sauerstoff, Mikroben und Licht beschleunigt, die Halbwertszeit bei Sonnenlicht beträgt im Boden und Wasser weniger als einen Tag, auf der Pflanzenoberfläche maximal zwei Tage

(SCHMANDKE, 2001). Der Wirkstoff Spinosad ist momentan – mit Ausnahme der Schweiz (Pflanzenschutzmittel Audienz) – nicht für die Anwendung im Rapsanbau zugelassen (ZOTZ, 2011).

### **3.3.3. Biscaya® (Wirkstoff: Thiacloprid)**

Um die Wirkung von SpinTor zur Regulierung der Rapsglanzkäfer besser einschätzen zu können, wurde im Labor die Wirksamkeit des im integrierten Rapsanbau häufig verwendeten, synthetischen Pflanzenschutzmittels Biscaya® mit der von SpinTor direkt verglichen. Biscaya® enthält als Wirkstoff 240 g l<sup>-1</sup> Thiacloprid. Thiacloprid gehört zur Wirkstoffklasse der Neonicotinoide. Biscaya® ist ein Insektizid mit systemischen und translaminaren Eigenschaften. Es wirkt als Fraß- und Kontaktgift und ist gut pflanzenverträglich. Unter vergleichbaren Bedingungen kann Biscaya® eine im Unterschied zu den Pyrethroiden 1,5- bis 2-fach längere Wirkungsdauer aufweisen (BAYER CROPSCIENCE, 2012).

### **3.3.4. Agrinova-Milbenfrei (Wirkstoff: Kieselgur (SiO<sub>2</sub>))**

Verwendet wurde im Versuch das Mittel Agrinova-Milbenfrei der Firma *Agrinova*. Dieses wird aus Ablagerungen einzelliger Kieselalgen, deren Körperskelett aus Kieselsäure besteht, gewonnen. Enthalten sind laut Herstellerangabe mindestens 90 % amorphes Siliziumdioxid (SiO<sub>2</sub>). Kieselgur wird in trockenen Räumen, wie etwa Lagerräumen oder Hühnerställen, zur Bekämpfung von Schaderregern eingesetzt. Durch die amorphe Struktur der Partikel des Mittels wird die Bildung einer Staublunge bei dem Anwender unterbunden (KÜHNE et al., 2006).

Die Wirkung beruht auf der stark schmirgelnden und absorbierenden Eigenschaft der feinen Silikatpartikel. Die verdunstungshemmende Wachsschicht der Schädlinge wird zerstört, es kommt zur Austrocknung. Ferner bewirken die feinen Silikatpartikel durch den schmirgelnden Effekt Verletzungen und dringen in feinste Körperöffnungen der Insekten ein, worauf betroffene Insekten mit einer erhöhten Putzaktivität reagieren. Durch die rein bio-physikalische Wirkungsweise kann die Entstehung von Resistenzen ausgeschlossen werden (AGRINOVA o.J. b). Da es sich um ein rein natürliches Produkt handelt, ist eine Anwendung im Ökologischen Landbau unbedenklich. Kieselgur (SiO<sub>2</sub>) ist momentan in Deutschland nicht für die Anwendung im Rapsanbau zugelassen. Es besteht jedoch die Möglichkeit zugelassene, siliziumhaltige Pflanzenstärkungsmittel zu verwenden.

### 3.3.5. Surround® (Wirkstoff: Kaolin)

Das im Versuch applizierte Pflanzenschutzmittel Surround® der Firma Stähler enthält als insektiziden Wirkstoff 95 % Kaolin. Kaolin ist eine Sammelbezeichnung für ein Gemisch meist eisenfreier Tongesteine (Tone) mit dem Mineral Kaolinit (MINERALIENATLAS, 2010). Die Wirkungsweise von Surround® beruht auf dem Aufbau einer physikalischen Barriere durch die Struktur des Tonminerals Kaolin. Durch diesen repellenten Wirkmechanismus wird der Schädling nicht getötet, die Gefahr einer Resistenzbildung ist minimal. In der Schweiz ist Surround® zur Regulierung des Birnblattsaugers (*Cacopsylla pyri*) zugelassen und für diesen Einsatz in der FiBL Betriebsmittelliste für den Ökologischen Landbau gelistet (STÄHLER, 2010). Für den Einsatz in der Rapskultur besteht, wie auch in Deutschland, keine Zulassung. Es besteht hingegen die Möglichkeit als Pflanzenstärkungsmittel zugelassene Gesteinsmehlprodukte zu verwenden.

### 3.3.6. Edasil® (Wirkstoff: Calcium-Bentonit)

Verwendet wurde das Produkt Edasil® der Firma Süd-Chemie. Es handelt sich hierbei um einen Calcium-Bentonit mit einer Oberfläche von  $600\text{--}800\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$ . 60 bis 90 % der Partikel sind kleiner als  $63\text{ }\mu\text{m}$ . Die Inhaltsstoffe setzen sich wie folgt zusammen:  $\text{SiO}_2$  57,4 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18,1 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5,0 %;  $\text{MgO}$  3,9 %;  $\text{CaO}$  3,3 %;  $\text{K}_2\text{O}$  1,6 %;  $\text{Na}_2\text{O}$  0,6 %. Eingesetzt wird das Produkt wegen seiner enormen Oberfläche zur Bodenverbesserung, beispielsweise in Gewächshäusern (SÜD-CHEMIE, 2010). Ausgebracht wurde es mit einer Kastendrille. Der stäubende Effekt war allerdings nicht so stark wie erhofft. Eine Zulassung von Calcium-Bentonit für die Anwendung in der Rapskultur besteht in Deutschland derzeit nicht, es besteht jedoch die Möglichkeit als Pflanzenstärkungsmittel zugelassene Gesteinsmehlprodukte zu verwenden.

### 3.3.7. Pflanzenöl (Wirkstoff: Sonnenblumenöl)

Im Versuch wurde im Handel erhältliches Sonnenblumenöl verwendet. Die Wirkung von Ölen rührt primär von der erstickenden Wirkung des Ölfilms auf dem Schadorganismus her. Diese Wirkung hat den großen Vorteil, dass eine Resistenzbildung der Schadorganismen sehr unwahrscheinlich ist. Als zusätzliche Wirkung des Sonnenblumenöls in diesem Versuch kann ein repellenter Effekt, verursacht durch den nicht rapstypischen Geruch, vermutet werden.

Für den Landwirt stellen Pflanzenöle umweltverträgliche, recht preisgünstige und zur Herstellung von Pflanzenschutzmitteln im eigenen Betrieb zugelassene Stoffe dar (WEIHER et al., 2007).

Für die Herstellung von Pflanzenschutzmitteln im eigenen Betrieb ist Sonnenblumenöl laut § 6a Absatz 4 des Pflanzenschutzgesetzes zugelassen.

### **3.3.8. Zusatzstoff Rimulgan® (Wirkstoff: Rizinusöl)**

Zur Herstellung der Wasser-Öl-Emulsionen wurde das Formulierungshilfsmittel Rimulgan® verwendet. Es besteht aus 67,49 % Rizinusöl; 25 % ionischen Ölsäuren; 4,75 % anionischen Ca-Salzen; 2,75 % Alkohol und 0,001 % Antioxidantien. Es ist in Wasser löslich und emulgiert Triglyceride aller natürlichen Öle wie u. a. Sonnenblumenöl. Es ermöglicht die Herstellung fein disperser Emulsionen (AGRINOVA o. J. a).

### **3.3.9. Zusatzstoff Nu-Film®-P (Wirkstoff: Kiefernöl)**

Zur Verbesserung der Haftung, der Regenfestigkeit und zur Erhöhung der Verteilung des Spritzbelags auf den Pflanzen wurde der Zusatzstoff Nu-Film®-P verwendet. Das Mittel besteht zu 96 % aus Pinolen, dem Hauptbestandteil des Kiefernöls, welches laut Herstellerangaben selbst keine insektizide Wirkung aufweist (INTRACHEM-BIO, 2010).

### **3.3.10. Zusatzstoff Micula® (Wirkstoff: Rapsöl)**

Micula® ist ein 85 % Rapsöl-Emulsionskonzentrat, welches in Kombination mit Surround® appliziert wurde. Die Haftung des Gesteinsmehles auf den Knospen sollte mit Hilfe von Micula® verbessert werden, um so eine gleichmäßige Benetzung zu gewährleisten. Es wird 2-prozentig gegen verschiedenste Schadinsekten im Obst- und Gemüsebau (Weiße Fliegen, Spinnmilben u. a.) eingesetzt. Micula® ist nützlingsschonend und nicht giftig für Fische und Bienen (TEM MEN, 2011). Ein Einsatz im Ökologischen Landbau ist für verschiedenste Obst- und Gemüsekulturen erlaubt, für Raps besteht allerdings momentan keine Zulassung.

### **3.3.11. Quassia (Wirkstoff: Quassin)**

In Laborversuchen sollte zusätzlich zu den bereits unter Feldbedingungen getesteten Substanzen die Wirkung von Quassia in unterschiedlichen Konzentrationen auf den Rapsglanzkäfer überprüft werden. Hierfür wurde ein Quassia Extrakt-MD der Firma *Trifolio-M* verwendet. Die Charge enthielt 1 %

Quassin, bei einem Verhältnis von Neoquassin : Quassin von mindestens 1 : 1. Der Quassia-Extrakt wird aus dem Holz des Bitterholzes (*Quassia amara*) gewonnen. *Quassia amara* ist ein kleiner Baum oder Strauch der neotropischen Wälder, dessen Holz mehrere Quassinoide mit insektiziden Eigenschaften enthält (POLONSKY, 1973).

Der Vorteil des Quassia-Extraktes ist, dass dem Anwender der genaue Gehalt der Quassinoide bekannt ist, es handelt sich um ein standardisiertes Produkt, welches deshalb auch für den Laboreinsatz gut geeignet ist. Es gibt auch die Möglichkeit, ein Konzentrat aus Holzchips von *Quassia amara* selbst herzustellen (STOLL, 1987), der Gehalt der Quassinoide variiert dabei stark von Ast zu Ast und in Abhängigkeit des Astdurchmessers (VILLALOBOS, 1995). Hinzu kommt ein stark schwankendes Verhältnis von Quassin zu Neoquassin (KIENZLE et al., 2003). Der große Vorteil eines selbst hergestellten Extraktes sind die wesentlich geringeren Kosten.

Verwendet wird Quassia als Insektizid mit Fraß- und Kontaktwirkung u. a. gegen Blattläuse – hier vor allem sehr erfolgreich im ökologischen Hopfenanbau (WEIHRAUCH et al., 2007), bei Sägewespen, Wicklerräupen (EGGLER & GROß, 1996), Kartoffelkäfern (HÖHN et al., 1996), Apfelblütenstechern (EGGLER et al., 1992) und Kirschfruchtfliegen (GROß & EGGLER, 1993). Die Auswirkung auf Nützlinge wird angesichts des engen Wirkungsspektrums von HÖHN et al. (1996) als relativ gering bewertet.

Für die Herstellung von Pflanzenschutzbrühen im eigenen Betrieb ist Quassia laut § 6a Absatz 4 des Pflanzenschutzgesetzes zugelassen.

### **3.4. Einsatz einer Käfersammelmaschine als mechanische Pflanzenschutzmaßnahme**

Die Käfersammelmaschine (nur am Standort Trenthorst (Abb. 10, S. 52) vorhanden) verfügte über eine Arbeitsbreite von 3 m, so dass bei der Reihenweite von 37,5 cm am Versuchsstandort Trenthorst immer 8 Pflanzenreihen gleichzeitig befahren werden konnten. Das Gerät wurde an der Fronthydraulik angebracht und mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 6 bis 7 km h<sup>-1</sup> gefahren. Die Sammelmaschine streift die Rapspflanzen seitlich, so dass die Rapsglanzkäfer durch die Erschütterung von den Knospen in die am Gerät angebrachten Fangwannen

fallen. Dies funktioniert nur, solange die Käfer unbeweglich und flugträge sind, weshalb im Versuch der Einsatz in den kühlen Morgenstunden erfolgte.



**Abbildung 10:** Einsatz der Käfersammelmaschine am Versuchsstandort Trenthorst am 26. April 2010 (Foto: BÖHM).

### 3.5. Anwendung der Pflanzenschutzmittel im Freiland

An den Standorten Dahnsdorf und Trenthorst (Blockanlage) wurde die Wirksamkeit verschiedener Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Rapsschädlinge getestet. Zielorganismen waren die Stängelschädlinge und die Rapsglanzkäfer, am Standort Trenthorst nur die Rapsglanzkäfer. Als Bekämpfungsschwelle wurden fünf Große Rapsstängelrüssler bzw. 10 bis 15 Gefleckte Kohltriebrüssler pro Gelbschale (mit Gitterabdeckung!) innerhalb von drei bis vier Tagen definiert. Bei den Rapsglanzkäfern sollte die Behandlung möglichst zum Zeitpunkt ihres Flughöhepunktes erfolgen. Die Pflanzenschutzmittel wurden am Standort Dahnsdorf mit einer Parzellenspritze der Firma *Tecnoma* bzw. einer Feldspritze der Firma *Holder* (Modell IS 43) mit 12,5 m Arbeitsbreite appliziert. Am Standort Trenthorst kamen ein handgeschobenes Parzellenspritzgerät der Firma *agrotop* mit 3 m Arbeitsbreite (2009) und eine Parzellenspritze (Eigenbau für die seitliche Anbringung an einen Geräteträger) mit 4,5 m Arbeitsbreite (2010) zum Einsatz. Als Düsen wurde eine Flachstrahldüse der Firma *Teejet*, Typ XR 110-03 blau verwendet. Im Jahr 2011 wurde für die Applikation gegen die Stängelrüssler auf eine Flachstrahldüse der Firma *Lechler*, Typ ID 120-02 gelb zurückgegriffen. Das Tropfenspektrum bei der *Teejet*-Düse ist als fein (MVD 0,25 mm), das der *Lechler*-Düse als grob (MVD 0,45 mm) einzustufen (TEEJET, 2011; LECHLER, 2011). Die Formulierung der Pflanzenschutzmittel, die Kulturentwicklung und Witterungsbedingungen zum Zeitpunkt der Applikation sind in den Tabellen 9, 10 (S. 53) und 11 (S. 54) aufgeführt.

**Tabelle 9:** Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den Varianten, der Spritztechnik und der Witterungsbedingungen während der Pflanzenschutzmittelanwendung an den Versuchsstandorten Dahnsdorf und Trenthorst im Versuchsjahr 2009. (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), Ra = Raps, Rü = Rübsen, AB. = Arbeitsbreite, u. K. = unbehandelte Kontrolle).

| 2009                                    | Dahnsdorf |          |          |        |          | Trenthorst |       |        |        |        |
|---|-----------|----------|----------|--------|----------|------------|-------|--------|--------|--------|
| Variante                                | 1         | 2        | 3        | 4      |          | 1          | 2     | 3      | 4      |        |
| Zielorganismus                          | -         | KTR, RSR | KTR, RSR | RGK    | KTR, RSR | RGK        | -     | RGK    | RGK    | RGK    |
| BBCH Stadium Ra/Rü                      | -         | 50–51    | 50–51    | 57     | 50–51    | 57         | -     | 53–55  | 53–55  | 57     |
| Datum                                   | -         | 03.04.   | 03.04.   | 14.04. | 03.04.   | 14.04.     | -     | 14.04. | 14.04. | 20.04. |
| Uhrzeit                                 | -         | 15:00    | 15:00    | 12:00  | 15:00    | 12:00      | -     | 14:00  | 14:00  | 16:00  |
| Wetter                                  | -         | sonnig   | sonnig   | sonnig | sonnig   | sonnig     | -     | sonnig | sonnig | sonnig |
| Temperatur (C°)                         | -         | 20       | 20       | 21     | 20       | 21         | -     | 13     | 13     | 9      |
| Luftfeuchte (%)                         | -         | 47       | 47       | 52     | 47       | 52         | -     | 77     | 77     | 62     |
| Wind (m/s)                              | -         | 3,1      | 3,1      | 0,6    | 3,1      | 0,6        | -     | 2,1    | 2,1    | 2,3    |
| Fahrgeschw. (km h <sup>-1</sup> )       | -         | 2,6*     | 2,6*     | 3,6*   | 2,6*     | 3,6*       | -     | 1,5    | 1,5    | 1,5    |
| Düsendruck (bar)                        | -         | 2        | 2        | 2      | 2        | 2          | -     | 2      | 2      | 2      |
| Wasser (l ha <sup>-1</sup> )            | u. K.     | 800,0    | 800,0    | 600,0  | 800,0    | 600,0      | u. K. | 600,0  | 600,0  | 600,0  |
| Naturpyrethrum (l ha <sup>-1</sup> )    | u. K.     | 8,0      | 8,0      | -      | 8,0      | -          | u. K. | -      | -      | -      |
| (a. i. g ha <sup>-1</sup> )             | u. K.     | 146,8    | 146,8    | -      | 146,8    | -          | u. K. | -      | -      | -      |
| Spinosad (l ha <sup>-1</sup> )          | u. K.     | -        | -        | 0,2    | -        | -          | u. K. | 0,2    | -      | -      |
| (a. i. g ha <sup>-1</sup> )             | u. K.     | -        | -        | 96,0   | -        | -          | u. K. | 96,0   | -      | -      |
| Sonnenblumen-öl (l ha <sup>-1</sup> )   | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 12         | u. K. | -      | 12     | 12     |
| (a. i. l ha <sup>-1</sup> )             | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 12         | u. K. | -      | 12     | 12     |
| Rizinusöl (l ha <sup>-1</sup> )         | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 1,8        | u. K. | -      | 1,8    | 1,8    |
| (a. i. l ha <sup>-1</sup> )             | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 1,8        | u. K. | -      | 1,8    | 1,8    |
| SiO <sub>2</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 12         | u. K. | -      | 6      | 6      |
| (a. i. kg ha <sup>-1</sup> )            | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 12         | u. K. | -      | 1      | 1      |

\* zweimalige Überfahrt, um benötigte Spritzbrühe auszubringen

**Tabelle 10:** Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den Varianten, der Spritztechnik und der Witterungsbedingungen während der Pflanzenschutzmittelanwendung an den Versuchsstandorten Dahnsdorf und Trenthorst im Versuchsjahr 2010. (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), Ra = Raps, Rü = Rübsen, AB. = Arbeitsbreite, u. K. = unbehandelte Kontrolle).

| 2010                                    | Dahnsdorf |          |          |        |          | Trenthorst |       |        |         |         |         |
|---|-----------|----------|----------|--------|----------|------------|-------|--------|---------|---------|---------|
| Variante                                | 1         | 2        | 3        | 4      |          | 1          | 2     | 3      | 4       | 5       | 6       |
| Zielorganismus                          | -         | KTR, RSR | KTR, RSR | RGK    | KTR, RSR | RGK        | -     | RGK    | RGK     | RGK     | RGK     |
| BBCH Stadium Ra/Rü                      | -         | 19–20    | 19–20    | 53/59  | 19–20    | 53/59      | -     | 58–59  | 58–59   | 58–59   | 58–59   |
| Datum                                   | -         | 25.03.   | 25.03.   | 23.04. | 25.03.   | 23.04.     | -     | 27.04. | 27.04.  | 27.04.  | 26.04.  |
| Uhrzeit                                 | -         | 17:00    | 17:00    | 12:00  | 17:00    | 12:00      | -     | 18:00  | 16:00   | 16:00   | 09:00   |
| Wetter                                  | -         | sonnig   | sonnig   | sonnig | sonnig   | sonnig     | -     | sonnig | bedeckt | bedeckt | sonnig  |
| Temperatur (C°)                         | -         | 17       | 17       | 14     | 17       | 14         | -     | 15     | 16      | 16      | 14      |
| Luftfeuchte (%)                         | -         | 60       | 60       | 42     | 60       | 42         | -     | 53     | 53      | 53      | 79      |
| Wind (m/s)                              | -         | 2        | 2        | 0,8    | 2        | 0,8        | -     | 6      | 6       | 6       | 3       |
| Fahrgeschw. (km h <sup>-1</sup> )       | -         | 3,6*     | 3,6*     | 3,6*   | 3,6*     | 3,6*       | -     | 1,5    | 1,5     | 1,5     | 6-7     |
| Düsendruck (bar)                        | -         | 2        | 2        | 2      | 2        | 2          | -     | 2      | 2       | 2       | -       |
| Wasser (l ha <sup>-1</sup> )            | u. K.     | 600,0    | 600,0    | 600,0  | 600,0    | 600,0      | u. K. | 600,0  | 600,0   | 600,0   | -       |
| Spinosad (l ha <sup>-1</sup> )          | u. K.     | 0,2      | 0,2      | 0,2    | 0,2      | -          | u. K. | 0,2    | -       | -       | -       |
| (a. i. g ha <sup>-1</sup> )             | u. K.     | 96,0     | 96,0     | 96,0   | 96,0     | -          | u. K. | 96,0   | -       | -       | -       |
| Gesteinsmehl (kg ha <sup>-1</sup> )     | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 12         | u. K. | -      | -       | 12      | -       |
| (Kaolin) (a. i. kg ha <sup>-1</sup> )   | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 12         | u. K. | -      | -       | 12      | -       |
| SiO <sub>2</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) | u. K.     | -        | -        | -      | -        | -          | u. K. | -      | 12      | -       | -       |
| (a. i. kg ha <sup>-1</sup> )            | u. K.     | -        | -        | -      | -        | -          | u. K. | -      | 12      | -       | -       |
| Gesteinsmehl (kg ha <sup>-1</sup> )     | u. K.     | -        | -        | -      | -        | -          | u. K. | -      | -       | 500     | -       |
| (Bentonit) (a. i. kg ha <sup>-1</sup> ) | u. K.     | -        | -        | -      | -        | -          | u. K. | -      | -       | 500     | -       |
| Kiefernöl (l ha <sup>-1</sup> )         | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 0,6        | u. K. | -      | 0,6     | 0,6     | -       |
| (a. i. l ha <sup>-1</sup> )             | u. K.     | -        | -        | -      | -        | 0,6        | u. K. | -      | 0,6     | 0,6     | -       |
| Käfersammelmaschine                     | u. K.     | -        | -        | -      | -        | -          | u. K. | -      | -       | -       | AB. 3 m |

\* zweimalige Überfahrt, um benötigte Spritzbrühe auszubringen

**Tabelle 11:** Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den Varianten, der Spritztechnik und der Witterungsbedingungen während der Pflanzenschutzmittelanwendung an den Versuchsstandorten Dahnsdorf und Trenthorst im Versuchsjahr 2011. (RSR = Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), KTR = Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), RGK = Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), Ra = Raps, Rü = Rübsen, AB. = Arbeitsbreite, u. K. = unbehandelte Kontrolle).

| 2011                                  |       | Dahnsdorf |        |          |        |        |          |        |        |
|---------------------------------------|-------|-----------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|--------|
| Variante                              |       | 1         | 2      | 3        |        | 4      |          |        |        |
| Zielorganismus                        | -     | KTR, RSR  |        | KTR, RSR |        | RGK    | KTR, RSR |        | RGK    |
| BBCH Stadium Ra/Rü                    | -     | 17        | 19/50  | 17       | 19/50  | 53/59  | 17       | 19/50  | 53/59  |
| Datum                                 | -     | 23.03.    | 02.04. | 23.03.   | 02.04. | 19.04. | 23.03.   | 02.04. | 19.04. |
| Uhrzeit                               | -     | 16:00     | 10:00  | 16:00    | 10:00  | 13:00  | 16:00    | 10:00  | 15:30  |
| Wetter                                |       | sonnig    |        | sonnig   |        | sonnig | sonnig   |        | sonnig |
| Temperatur (C°)                       | -     | 13        | 18     | 13       | 18     | 19     | 13       | 18     | 14     |
| Luftfeuchte (%)                       | -     | 43        | 75     | 43       | 75     | 57     | 43       | 75     | 49     |
| Wind (m/s)                            | -     | 2,6       | 1,4    | 2,6      | 1,4    | 1,1    | 2,6      | 1,4    | 0,6    |
| Fahrtgeschw. (km h <sup>-1</sup> )    | -     | 3,3       | 3,3    | 3,3      | 3,3    | 3,6*   | 3,3      | 3,3    | 3,6*   |
| Düsendruck (bar)                      | -     | 6         | 6      | 6        | 6      | 2      | 6        | 6      | 2      |
| Wasser (l ha <sup>-1</sup> )          | u. K. | 400,0     | 400,0  | 400,0    | 400,0  | 600,0  | 400,0    | 400,0  | 600,0  |
| Spinosad (l ha <sup>-1</sup> )        | u. K. | 0,2       | 0,2    | 0,2      | 0,2    | 0,2    | 0,2      | 0,2    | -      |
| (a. i. g ha <sup>-1</sup> )           | u. K. | 96,0      | 96,0   | 96,0     | 96,0   | 96,0   | 96,0     | 96,0   | -      |
| Gesteinsmehl (kg ha <sup>-1</sup> )   | u. K. | -         | -      | -        | -      | -      | -        | -      | 24     |
| (Kaolin) (a. i. kg ha <sup>-1</sup> ) | u. K. | -         | -      | -        | -      | -      | -        | -      | 24     |
| Rapsöl (l ha <sup>-1</sup> )          | u. K. | -         | -      | -        | -      | -      | -        | -      | 15     |
| (a. i. l ha <sup>-1</sup> )           | u. K. | -         | -      | -        | -      | -      | -        | -      | 15     |

\* zweimalige Überfahrt, um benötigte Spritzbrühe auszubringen

### 3.6. Anwendung der Pflanzenschutzmittel im Labor

Die Laborversuche hatten zum Ziel, zusätzliche Informationen zu den unter Feldbedingungen angewandten Pflanzenschutzmitteln zur Regulierung der Rapsglanzkäfer zu erlangen. Des Weiteren wurden im Labor alternative Pflanzen-

**Tabelle 12:** Übersicht über die Formulierung der Pflanzenschutzmittel in den Varianten für den Knospenstand- und Wahlversuch, Labor Kleinmachnow (u. K. = unbehandelte Kontrolle).

| Variante              |                              | 1     | 2  | 3   | 4   | 5  | 6  | 7 | 8  |
|-----------------------|------------------------------|-------|----|-----|-----|----|----|---|----|
| Wasser                | (l)                          | u. K. | 1  | 1   | 1   | 1  | 1  | 1 | 1  |
| Quassin               | (a. i. g ha <sup>-1</sup> )  | u. K. | -  | -   | -   | 15 | 10 | 5 | -  |
| Spinosad              | (a. i. g ha <sup>-1</sup> )  | u. K. | 96 | -   | -   | -  | -  | - | -  |
| Sonnenblumenöl        | (a. i. l ha <sup>-1</sup> )  | u. K. | -  | 12  | 24  | -  | -  | - | -  |
| Rizinusöl             | (a. i. l ha <sup>-1</sup> )  | u. K. | -  | 1,8 | 3,6 | -  | -  | - | -  |
| SiO <sub>2</sub>      | (a. i. kg ha <sup>-1</sup> ) | u. K. | -  | 12  | 24  | -  | -  | - | -  |
| Gesteinsmehl (Kaolin) | (a. i. kg ha <sup>-1</sup> ) | u. K. | -  | -   | -   | -  | -  | - | 24 |
| Rapsöl                | (a. i. l ha <sup>-1</sup> )  | u. K. | -  | -   | -   | -  | -  | - | 15 |

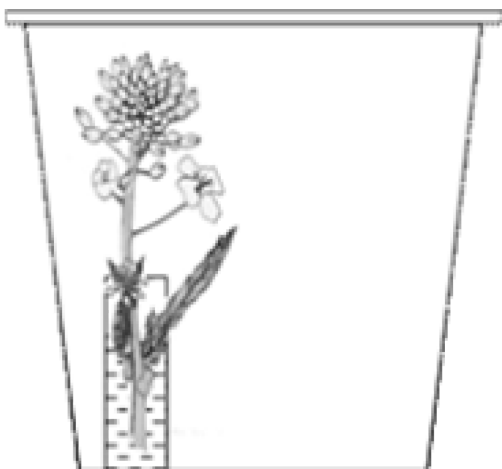
| Variante    |                             | 9  | 10 | 11 | 12 |
|-------------|-----------------------------|----|----|----|----|
| Wasser      | (l)                         | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Spinosad    | (a. i. g ha <sup>-1</sup> ) | 24 | 48 | 96 |    |
| Thiacloprid | (a. i. g ha <sup>-1</sup> ) | -  | -  | -  |    |



schutzmittel getestet. Die Varianten sind in Tabelle 12 (S. 54) dargestellt. Die für die Tests benötigten Rapsglanzkäfer stammten vom Versuchsstandort Dahnsdorf, die Stängelrüssler vom Versuchsstandort Liemehna. Sofern Rapsknospenstände benötigt wurden, entstammten diese den unbehandelten Parzellen in Dahnsdorf oder dem am Institutsstandort in Kleinmachnow angebauten Raps.

### 3.6.1. Knospenstandversuch

In den Knospenstandversuchen wurde die insektizide und repellente Fraßwirkung der Pflanzenschutzmittel quantifiziert und der Zeitpunkt der beginnenden Mortalität ermittelt. Die Formulierungen der Pflanzenschutzmittel sind in Tabelle 12 zusammengefasst. Die Varianten wurden mit 1 Liter Wasser angesetzt. Zur besseren Vergleichbarkeit ist in der Tabelle die Pflanzenschutzmittelanwendung auf einen Hektar hochgerechnet. Der Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung erfolgten wie folgt: Die Rapsknospenstände wurden in die jeweilige Pflanzenschutzmittelvariante getaucht und der Überschuss sofort abgeschüttelt. Um die anhaftende Pflanzenschutzmittelmenge zu bestimmen, wurden die Knospenstände vor und nach dem Benetzungsvorgang gewogen. Je Variante wurden vier Wiederholungen durchgeführt. Als Behälter sind Plastikgefäße (10 x 5 x 10 cm) verwendet worden, in denen mittels Klebeband ein mit Wasser gefülltes Eppendorfgefäß fixiert wurde. Dieses wurde mit einem abgetrocknetem Rapsknospenstand bestückt (Abb. 11). Anschließend wurde das Gefäß mit Nescofilm® verschlossen, um ein Ertrinken der Käfer zu vermeiden. Nach der Zuführung von zehn Rapsglanzkäfern pro Becher wurde der Becher mit einem mit Luftlöchern perforiertem Deckel verschlossen. Das Umsetzen der Käfer erfolgte in einer



**Abbildung 11:** Schematischer Aufbau des Knospenstandversuches, Labor Kleinmachnow.

Kühlkammer bei 3 °C, um die Aktivität der Tiere zu mindern. Die Becher wurden anschließend in einer Klimakammer aufgestellt (21 °C, 16 Stunden Licht). Für den ersten Knospenstandversuch wurden die Varianten 1, 2, 3, 5, 6, und 7 (Tab. 12, S. 54) getestet. Nach 1, 4, 24 und 48 Stunden wurden die lebenden und toten Käfer gezählt. Bei der zweiten Versuchsdurchführung wurde der Boniturzeitraum auf 72 Stunden ausgeweitet. Der Vergleich der insektiziden Wirkung des im integrierten Rapsanbau eingesetzten Pflanzenschutzmittels Biscaya® (Wirkstoff: Thiacloprid, Wirkstoffgruppe der Neonicotinoide) mit verschiedenen Aufwandmengen von Spinosad war das Ziel des zweiten Knospenstandversuches. Dabei kamen die Varianten 9 bis 12 zum Einsatz, die Bonitur auf lebende und tote Käfer erfolgte nach 1, 4, 24 und 48 Stunden. Der dritte Knospenstandversuch diente dem Nachweis der repellenten Wirkung der Pflanzenschutzmittel. Es wurden je Variante 6 Wiederholungen mit je zehn Käfern je Becher durchgeführt. Getestet wurde Variante 1 und 8. Nach fünf Tagen Käferbesatz erfolgte unter dem Mikroskop die Zählung der Fraßschäden an den Knospenständen. Es erfolgten zwei Versuchsdurchführungen.

### 3.6.2. Wahlversuch

Der Wahlversuch sollte Aufschluss geben über eine eventuelle repellente Wirkung der Pflanzenschutzmittel.

Für den Wahlversuch wurden in zwei Holzkäfige je 8 mit Wasser gefüllte Schraubflaschen gestellt. Die Öffnungen der Schraubflaschen waren mit Parafilm gesichert, um ein Ertrinken der Rapsglanzkäfer zu verhindern. Durch den Parafilm wurden je Flasche fünf Rapsknospenstände eingeführt. Vier Schraubflaschen dienten der Aufnahme behandelter Knospenstände, die übrigen bildeten die unbe-



**Abbildung 12:** Versuchsaufbau des Wahlversuches, Labor Kleinmachnow (Foto: KÜHNE).  
PSM = Pflanzenschutzmittelanwendung, u. K. = unbehandelte Kontrolle.

handelte Kontrolle. In Käfig 1 wurde Variante 3 getestet, in Käfig 2 Variante 5 (Tab. 12, S. 54).

In einer zweiten Versuchsreihe wurde Variante 3 durch Variante 4 ersetzt, Variante 5 wurde wiederholt. Die Anordnung der Varianten (Behandlung/Kontrolle) erfolgte abwechselnd (Abb. 12, S. 56). Nach Trocknung der Spritzbeläge wurden pro Käfig 100 Rapsglanzkäfer eingesetzt. Nachfolgend wurden gegen 8:00 Uhr und gegen 15:00 Uhr die Anzahl der Käfer auf den Knospenständen gezählt. Die Versuche fanden in einer Klimakammer statt (21 °C, 16 Stunden Licht).

### 3.6.3. Glasröhrchentest

Der Test wurde in Zusammenarbeit mit dem JKI in Braunschweig durchgeführt und diente zur Überprüfung der insektiziden Wirkung von Spinosad und der generellen Eignung dieses Testdesigns (Abb. 13, S. 58) für SpinTor. Zum Vergleich wurde  $\lambda$ -Cyhalothrin (stellvertretend für Pyrethroide der Klasse II) getestet, da der Glasröhrchentest für diesen Wirkstoff bereits standardisiert ist. Getestet wurden Rapsglanzkäfer vom Standort Dahnsdorf (im Jahr 2010) und Stängelrüssler vom Standort Liemehna (im Jahr 2011). Weiteres Ziel des Tests war es, eine Aussage zum Resistenzniveau der Schaderreger gegenüber den Pyrethroiden der Klasse II zu treffen. Die Glasröhrchen wurden in unterschiedlicher Konzentration mit den Wirkstoffen beschichtet (Tab. 13). Die Testmethode des sogenannten Adult-Vial-Testes richtete sich nach der Methode Nr. 21 des IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) (IRAC, 2009). Hierzu wurde ein Wirkstoff-Aceton-Gemisch in die Gläser pipettiert und auf einem Rollenmischer getrocknet. Durch das Ausgasen

**Tabelle 13:** Übersicht der beim Glasröhrchentest getesteten Aufwandmengen und der hieraus resultierenden Wirkstoffkonzentrationen von Spinosad und  $\lambda$ -Cyhalothrin an den Innenwänden der Glasröhrchen.

| Aufwandmenge (%) | Wirkstoffmenge (mg cm <sup>2</sup> ) |                        |                |                        |
|------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------|------------------------|
|                  | Rapsglanzkäfer                       |                        | Stängelrüssler |                        |
|                  | Spinosad                             | $\lambda$ -Cyhalothrin | Spinosad       | $\lambda$ -Cyhalothrin |
| 4                | 0,0384                               | 0,0030                 | 0,0384         | 0,0030                 |
| 20               | 0,1920                               | 0,0150                 | 0,1920         | -                      |
| 35               | 0,3360                               | 0,0263                 | 0,3360         | -                      |
| 50               | 0,4800                               | 0,0375                 | 0,4800         | -                      |
| 100*             | 0,9600                               | 0,0750                 | -              | -                      |
| 500              | 4,8000                               | 0,3750                 | -              | -                      |

\* entspricht 200 ml ha<sup>-1</sup> SpinTor; 7,5 g ha<sup>-1</sup>  $\lambda$ -Cyhalothrin



**Abbildung 13:** Versuchsaufbau des Glasröhrchentestes, Labor Julius Kühn-Institut Braunschweig (Foto: MÜLLER).

schlägt sich der Wirkstoff auf der Innenwand des Glases nieder. SpinTor wurde vorab mit etwa 5 % Wasser versetzt, da es sich, im Gegensatz zu  $\lambda$ -Cyhalothrin nicht um den reinen technischen Wirkstoff, sondern um ein für die Anwendung fertig formuliertes Produkt handelt. Nach 5 und 24 Stunden erfolgten Bonituren auf lebende und tote Käfer. Leider konnten nur etwa 65 Stängelrüssler im Feld eingefangen werden, so dass je Glasröhrchen 9 Rüssler getestet werden konnten. Auf eine Wiederholung musste verzichtet werden. Bei den Rapsglanzkäfern wurden für SpinTor drei, bei  $\lambda$ -Cyhalothrin zwei Wiederholungen durchgeführt mit jeweils etwa zehn Rapsglanzkäfern je Glasröhrchen.

#### 3.6.4. Versuche zur Wirkstoffformulierung einer Gesteinsmehlbrühe

Der Versuch wurde im Jahr 2011 durchgeführt und hatte zum Ziel, die optimale Formulierung für eine selbst hergestellte Gesteinsmehlbrühe unter Zugabe des Netzmittels Micula<sup>®</sup> zu bestimmen. Hierfür wurden getopfte Rapspflanzen zu BBCH 50 bis 53 in einer Applikationsanlage der Firma Schachtner (*Spray-Lab offen*) mit Pflanzenschutzbrühen von umgerechnet 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl unter Zugabe von 0, 5, 10 und 15 l ha<sup>-1</sup> Micula<sup>®</sup> (bezogen auf 600 l ha<sup>-1</sup> Wasser) besprüht. Als Düse wurde eine Teejet, Typ 8002EVS gelb verwendet, bei einem Druck von 2 bar und einer Fahrgeschwindigkeit von 1,5 km h<sup>-1</sup>.

### **3.7. Auswertung der Versuchsergebnisse**

#### **3.7.1. Wirkungsgrad der angewandten Pflanzenschutzmittel**

Die Berechnung des Wirkungsgrades erfolgte nach der Formel von ABBOTT (1925) anhand des Verhältnisses von überlebenden Schädlingen in der unbehandelten Kontrolle im Vergleich zur jeweiligen Variante:

- Wirkungsgrad (in %) =  $[(\text{Schädlinge in Kontrolle} - \text{Schädlinge in Behandlung}) / \text{Schädlinge in Kontrolle}] \times 100$

#### **3.7.2. Kumulative Insektentage**

Um den Regulierungserfolg der Pflanzenschutzmittelanwendung und die Auswirkung des Rübsens auf den Befall der Rapspflanzen mit Rapsglanzkäfern zu beschreiben, wurde der Index der kumulativen Insektentage nach RUPPEL (1983) angewandt. Dieser Index kombiniert die Befallshöhe der Kulturen mit deren Befallsdauer. So wird durch den Index die Fläche unter der Befallskurve nach folgender Formel beschrieben:

- Insektentage =  $(X_{i+1} - X_i) * [(Y_i + Y_{i+1}) / 2]$

$X_i$  und  $X_{i+1}$  stehen für die Zeitpunkte zweier aufeinanderfolgender Boniturtermine und  $Y_i$  und  $Y_{i+1}$  sind die entsprechenden Befallszahlen der Termine. Das Aufaddieren der einzelnen Insektentage führt dann zu den kumulierten Insektentagen.

#### **3.7.3. Statistische Auswertung der Versuchsdaten**

Die Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Statistiker des JKI, Herrn Dr. Eckard Moll, unter Verwendung von SAS 9.2 (Statistical Analysis Software). Für die Kornerträge wurde eine Varianzanalyse (paarweiser Vergleich im Simulate Verfahren) durchgeführt. Wegen der teilweise starken Streuung des Einzelpflanzenbefalls mit Schädlingen und der damit nicht symmetrischen Verteilung wurde für die Auswertung dieser Daten der nicht parametrische Wilcoxon Test mit vorgeschaltetem Kruskal-Wallis-Test verwendet. Im Zuge dessen wurde als Mittelwert der Median und nicht das arithmetische Mittel angegeben, die Fehlerbalken in den Graphiken kennzeichnen das 25 % bzw. 75 % Quartil. Für die Laborversuche kam bei der Auswertung der Mortalitäten der  $\chi^2$ -Homogenitätstest (Vergleich von Häufigkeitsverteilungen), bei der Auswertung der Fraßschäden an den Knospen der Wilcoxon Test zum Einsatz. Es wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  % festgelegt. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede.

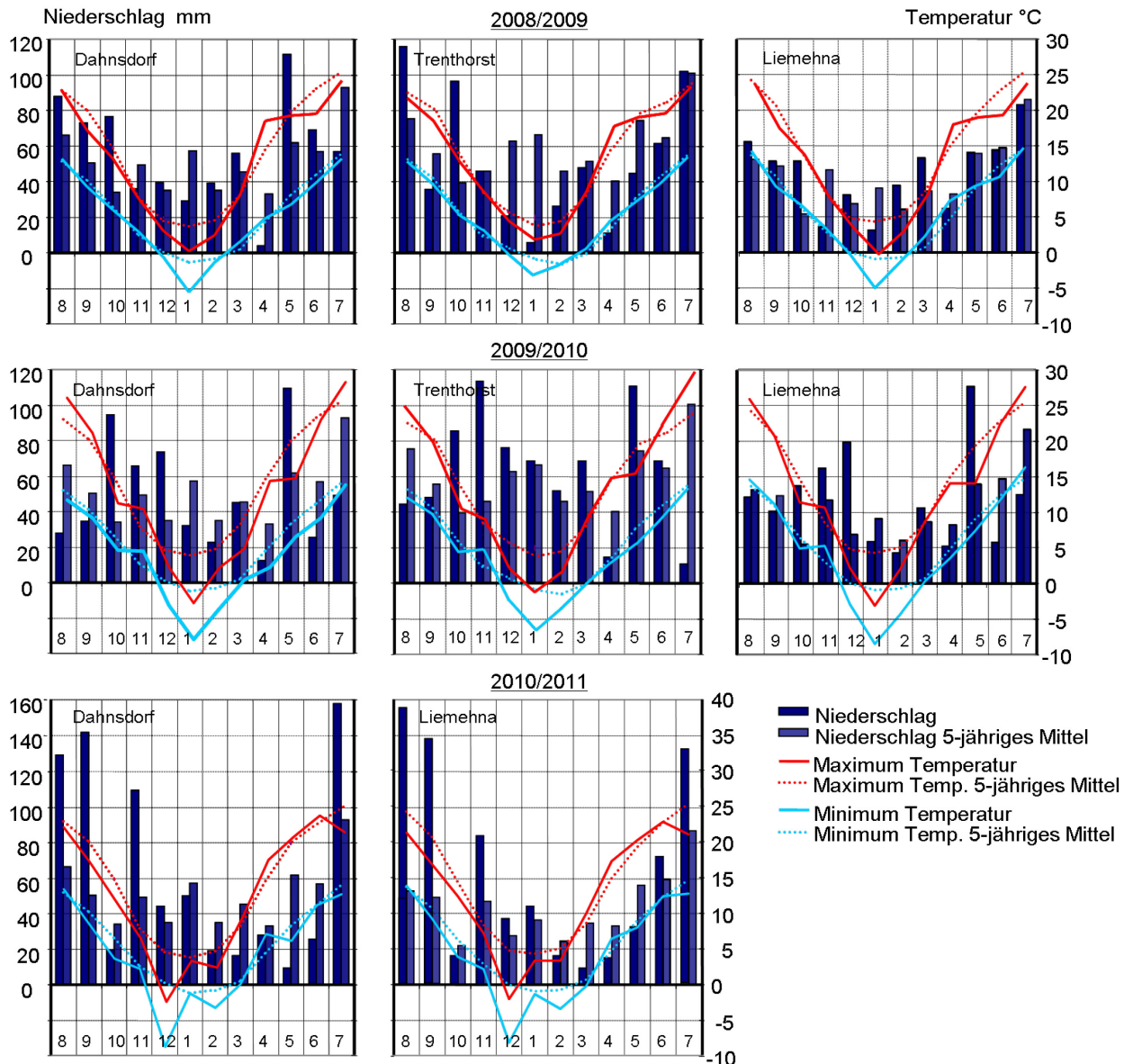
## **4. VERSUCHSERGEBNISSE**

### **4.1. Witterung der Versuchsjahre**

#### **4.1.1. 2008/2009**

Das erste Versuchsjahr fiel am Standort Dahnsdorf mit 680 mm Niederschlag überdurchschnittlich nass aus (Mittel der letzten fünf Jahre 620 mm). Monate mit überdurchschnittlichen Niederschlägen waren die Monate August bis Oktober 2008 und insbesondere der Mai 2009 mit fast doppelter Regenintensität (ca. 110 mm). Im Gegensatz dazu fiel der Monat April mit ca. 4 mm Niederschlag extrem trocken aus. Am Standort Dahnsdorf lag die Durchschnittstemperatur des ersten Versuchsjahres mit 5 °C für die Minimal- und 13 °C für die Maximaltemperatur unter dem Mittel der letzten fünf Jahre (5,6 °C bzw. 14,1 °C). Besonders negative Abweichungen konnten in den Wintermonaten beobachtet werden, insbesondere der Monat Januar war um vier Grad zu kalt. Des Weiteren fielen die Monate Mai bis Juli unterdurchschnittlich warm aus. Besondere Beachtung verdient demgegenüber der überdurchschnittlich heiße April, der die mittlere Maximaltemperatur um 4 °C überschritt und zusammen mit dem minimalen Niederschlag (ca. 4 mm) zu physiologischem Stress bei den Kulturen führte (Abb. 14, S. 61).

Die Witterung am Standort Trenthorst war mit 610 mm Jahresniederschlag gegenüber 700 mm im Mittel zu trocken. Besonders deutlich fiel das Niederschlagsdefizit in den Wintermonaten Dezember bis Februar aus, wobei insbesondere im Januar mit ca. 6 mm nur ein Bruchteil des sonst üblichen Niederschlages (66 mm) fiel. Für das Pflanzenwachstum besonders nachteilig war der trockene April, in dem mit ca. 11 mm nur ein Viertel der sonst üblichen Niederschlagsmenge fiel. Monate mit deutlichem Niederschlagsüberschuss waren in der Hauptvegetationsperiode nicht vorhanden. Auch am Standort Trenthorst fiel das Jahr insgesamt etwas zu kühl aus. Hier ist besonders der Monat Januar hervorzuheben, welcher um etwa 2 °C zu kalt war. Auch die Monate Mai und Juni können als zu kühl bezeichnet werden. Demgegenüber sorgte, wie am Standort Dahnsdorf, der April in Verbindung mit nur wenigen Niederschlägen (ca. 11 mm) und überdurchschnittlich heißem Wetter für witterungsbedingten Stress bei den Kulturen (Abb. 14, S. 61).



**Abbildung 14:** Witterungsverlauf in den Versuchsjahren 2008/2009, 2009/2010 und 2010/2011 an den drei Versuchsstandorten Dahnsdorf (Wetterstation Versuchsfeld), Trenthorst (Wetterstation Lübeck (LENDT, 2011)) und Liemehna (Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz) im Vergleich zum 5-jährigen Mittel (2003 bis 2007).

Am Standort Liemehna war die Abweichung der Niederschlagsmenge vom fünfjährigen Mittel (521 mm) nur minimal. Im Gegensatz zu den Standorten Dahnsdorf und Trenthorst kam es an diesem Versuchsstandort nicht zu der beschriebenen Frühjahrstrockenheit im April. Auch die übrigen Monate in der Hauptvegetationsperiode wichen kaum von den durchschnittlichen Niederschlagsmengen ab. Der Temperaturverlauf am Standort Liemehna unterschied sich nicht von den beiden anderen Standorten. Die Wintermonate Januar und Februar waren überdurchschnittlich kalt, gefolgt von einem überdurchschnittlich warmen April mit den sich anschließenden zu kühlen Monaten Mai bis Juli (Abb. 14).

**4.1.2. 2009/2010**

Das zweite Versuchsjahr fiel am Standort Dahnsdorf mit ca. 590 mm Niederschlag nur unwesentlich trockener gegenüber dem 5-jährigen Mittel von 620 mm aus. Auffällig waren die in diesem Jahr zum Teil deutlichen Abweichungen von den mittleren Monatswerten. Der August und September waren mit 27 bzw. 34 mm Niederschlag fast um die Hälfte zu trocken, der Oktober mit 94 mm dreimal so nass, der April 2010 fiel um ein Drittel trockener aus (12 mm), der nachfolgende Mai war mit ca. 110 mm fast doppelt so nass, in den Sommermonaten Juni und Juli fiel nur rund 50 % (25 bzw. 49 mm) des mittleren Niederschlages. In Dahnsdorf wurde sowohl die durchschnittliche Minimal- als auch Maximaltemperatur mit 3,8 bzw. 12,3 °C um knapp 2 °C unterschritten. Die Abweichung wurde insbesondere in den Wintermonaten besonders deutlich. Der Monat Januar wich beispielsweise um bis zu 6 °C nach unten ab. Auffällig war der um fast 4 °C zu warme Monat Juli, der zusammen mit dem Niederschlagsdefizit der Monate Juni und Juli zu physiologischem Stress bei den Kulturen führte (Abb. 14, S. 61).

In Trenthorst fiel das zweite Versuchsjahr mit 780 mm gegenüber dem Mittel von 700 mm etwas zu nass aus. Wie am Standort Dahnsdorf waren die Abweichungen der Monate von den Mittelwerten teilweise sehr deutlich: In den Monaten Oktober und November fiel mehr als doppelt so viel Niederschlag (ca. 85 bzw. 110 mm) und auch der Mai fiel um ein Drittel zu nass aus (110 mm). Der April war mit ca. 15 mm Niederschlag sehr trocken, der Monat Juli fiel jedoch mit nur einem Zehntel des sonst üblichen Niederschlages (ca. 100 mm) noch trockener aus. In Trenthorst war die Abweichung der Minimal- und Maximaltemperatur vom Mittel mit bis zu 1,5 °C nicht ganz so gravierend wie am Standort Dahnsdorf. Aber auch in Trenthorst fielen die Wintermonate Dezember bis Februar teilweise um mehr als 4 °C zu kalt aus und auch der Mai zeigte ähnliche negative Abweichungen. Wie in Dahnsdorf war der Juli um ca. 4 °C zu heiß, der physiologische Stress für die Kulturen war in Trenthorst durch den vorangegangenen, leicht überdurchschnittlich nassen Juni allerdings nicht so hoch.

Am Standort Liemehna fiel mit fast 570 mm Niederschlag etwas mehr als die langjährige Menge (524 mm). Die Abweichungen der jeweiligen Monate fiel nicht ganz so gravierend wie an den beiden übrigen Versuchsstandorten aus. Aber auch hier waren sowohl die mit 54 bzw. 110 mm doppelt so nassen Monate Oktober und Mai als auch die nachfolgend um die Hälfte zu trockenen Monate Juni und Juli (23



bzw. 49 mm) auffällig (Abb. 14, S. 61). In Liemehna fiel die negative Abweichung der Minimal- und Maximaltemperatur von allen drei Versuchsstandorten mit ca. 0,8 bzw. 1,2 °C am schwächsten aus. Dennoch war auch hier der Januar mit einer negativen Abweichung von 6,6 °C vom Mittel (-1,0 °C) hervorzuheben. Der Juli war in Liemehna im Unterschied zu den beiden anderen Standorten mit ca. 2 °C nicht so überdurchschnittlich heiß, wodurch der physiologische Stress für die Kulturen etwas abgemildert wurde (Abb. 14, S. 61).

#### **4.1.3. 2010/2011**

Das letzte Versuchsjahr war am Standort Dahnsdorf mit 770 mm Niederschlag gegenüber dem 5-jährigen Mittel von etwa 620 mm deutlich zu nass. Die Abweichungen der einzelnen Monate waren teilweise extrem. Die Monate August, September und November waren etwa doppelt so nass wie im Mittel. Die Monate Februar bis einschließlich Juni waren überdurchschnittlich trocken. Das Niederschlagsdefizit in diesem Zeitraum betrug im Vergleich zum Mittel über 100 mm, so dass die Pflanzenbestände unter Trockenstress litten. Der Monat Juli war mit fast 160 mm Niederschlag überdurchschnittlich nass und geprägt von einzelnen Starkniederschlagsereignissen. Eine Ernte war nicht möglich. Auch im letzten Versuchsjahr lag die mittlere Minimal- bzw. Maximaltemperatur unter dem 5-jährigen Mittel, die Abweichung betrug etwa 1 °C. Besonders auffällig war der Monat Dezember der sowohl das Mittel der Minimal- als auch der Maximaltemperatur um bis zu 8 °C unterschritt (Abb. 14, S. 61).

Genau wie am Standort Dahnsdorf fiel am Standort Liemehna überdurchschnittlich Niederschlag, wobei das 5-jährige Mittel (520 mm) mit 760 mm Niederschlag noch deutlicher überschritten wurde. Die Monate mit deutlichen Abweichungen waren dieselben wie am Standort Dahnsdorf. Das Niederschlagsdefizit im Frühjahr lag gegenüber dem 5-jährigen Mittel bei etwa 60 mm, so dass die Bestände auch in Liemehna unter Trockenstress litten. Eine Beerntung der Flächen war wie am Standort Dahnsdorf aufgrund der vielen Niederschlagsereignisse im Monat Juli in Liemehna ebenfalls nicht möglich. In Liemehna war das dritte Versuchsjahr erneut unterdurchschnittlich warm. Wie in Dahnsdorf war hier auch besonders der um 7 °C zu kalte Monat Dezember auffällig (Abb. 14, S. 61).

## **4.2. Witterung im Zeitraum der Pflanzenschutzmittelanwendungen**

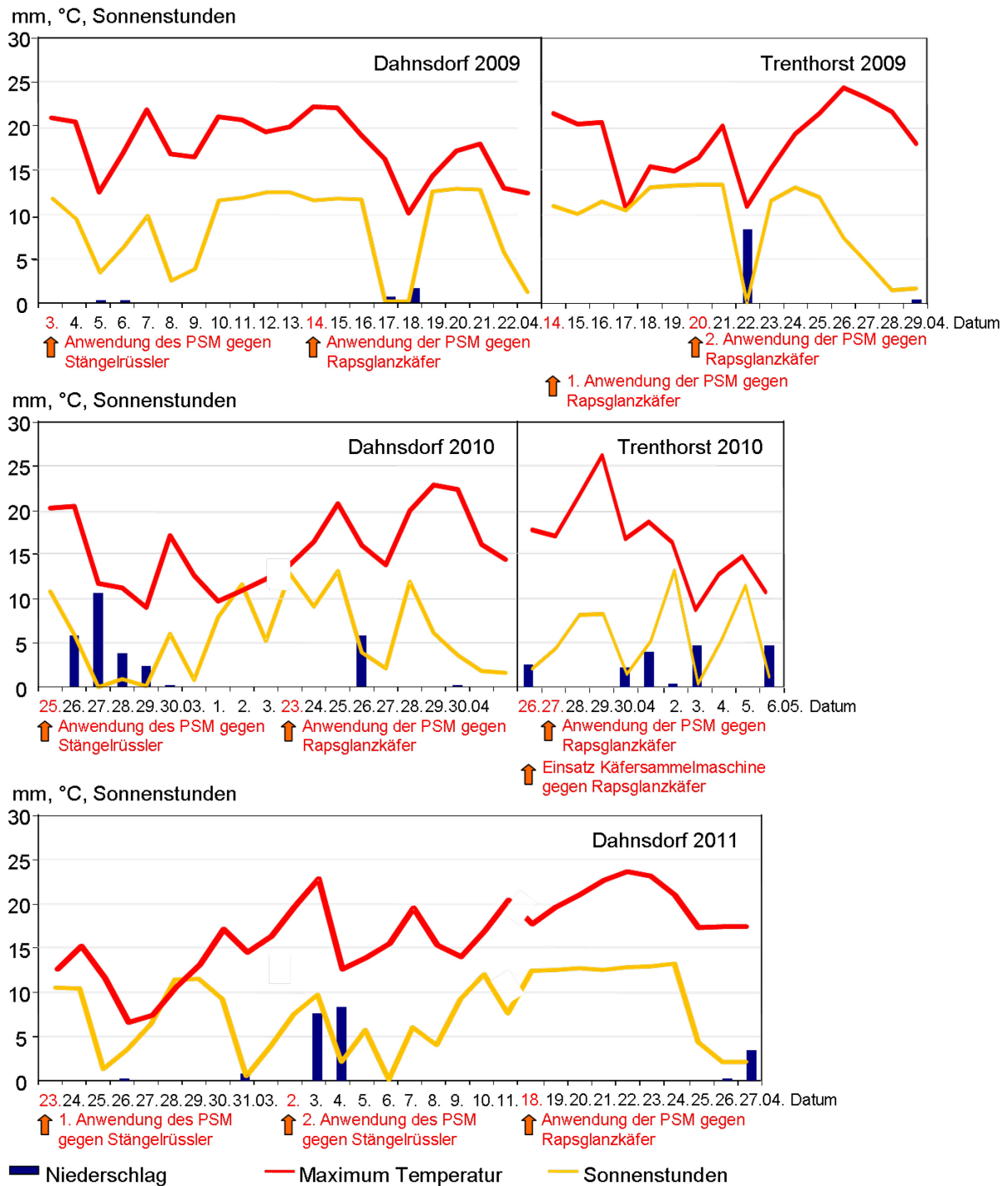
### **4.2.1. Standort Dahnsdorf und Trenthorst, 2009**

Die Tage nach der Anwendung des Pflanzenschutzmittels gegen die Stängelrüssler am Standort Dahnsdorf am 03. April 2009 waren durch warmes und sonniges Wetter (zumeist mehr als fünf Sonnenstunden und Maximaltemperaturen von zumeist deutlich über 15 °C) und nur minimale Niederschläge (0,4 mm) gekennzeichnet. Am dritten und vierten Tag nach der Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer am 14. April 2009 kam es zu minimalen Niederschlägen (etwa 3,5 mm) und einer zeitgleichen Abkühlungsphase auf etwa 10 °C. Die übrigen Tage nach der Anwendung der Pflanzenschutzmittel waren mit meist deutlich über 15 °C und über zehn Sonnenstunden sonnig und warm (Abb. 15, S. 65).

In den folgenden Tagen nach der ersten Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer am Standort Trenthorst am 14. April 2009 fiel kein Niederschlag und das Wetter zeigte sich mit über zehn Sonnenstunden und Maximaltemperaturen von meist über 15 °C sonnig und warm. Demgegenüber fielen zwei Tage nach der zweiten Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer über 8 mm Niederschlag und es kühlte deutlich auf etwa 10 °C ab. In den darauffolgenden Tagen kam es erneut zu einem sonnigen, warmen und trockenen Witterungsabschnitt (Abb. 15, S. 65).

### **4.2.2. Standort Dahnsdorf und Trenthorst, 2010**

Der unmittelbare Zeitraum nach der Anwendung des Pflanzenschutzmittels gegen die Stängelrüssler am Standort Dahnsdorf am 25. März 2010 war durch mehrtägige Niederschläge von insgesamt etwa 20 mm und Temperaturen von deutlich unter 15 °C gekennzeichnet. Die ersten zwei Tage nach der Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer am 23. April 2010 waren in Dahnsdorf mit über 20 °C sonnig und warm. Am dritten Tag nach erfolgter Anwendung fielen Niederschläge von gut 5 mm verbunden mit einer leichten Abkühlung. Direkt im Anschluss stellte sich wieder ein warmer und trockener Witterungsabschnitt ein (Abb. 15, S. 65). Die ersten zwei Tage nach der Anwendung



**Abbildung 15:** Witterungsverlauf in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 für den Zeitraum nach den Pflanzenschutzmittelanwendungen an den Versuchstandorten Dahnsdorf (Wetterstation Versuchsfeld) und Trenthorst (Wetterstation Lübeck (LENDT, 2011)). PSM = Pflanzenschutzmittel.

der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer am Standort Trenthorst am 27. April waren trocken und sonnig bei gleichzeitiger Erwärmung bis über 25 °C. Ab dem dritten Tag wurde das Wetter wechselhafter mit häufigen Niederschlägen (über 10 mm) und einer deutlichen Abkühlung auf bis zu 10 °C (Abb. 15).

#### **4.2.3. Standort Dahnsdorf, 2011**

Die Tage nach der ersten Anwendung des Pflanzenschutzmittels gegen die Stängelrüssler am Standort Dahnsdorf am 23. März 2011 waren ausnahmslos trocken. Der Himmel war zunächst bedeckt und das Wetter sehr kühl. Nachfolgend stellte sich bei zunehmendem Sonnenschein eine deutliche Erwärmung bis 20 °C ein. Unmittelbar nach der zweiten Anwendung des Pflanzenschutzmittels gegen die Stängelrüssler am 02. April 2011 fielen an zwei Tagen etwa 15 mm Niederschlag und es kühlte auf unter 15 °C ab. Anschließend blieb die Witterung trocken, bei zunehmender Erwärmung und zeitweiligem Sonnenschein. Die ersten sieben Tage nach der Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer am 18. April 2011 war das Wetter sonnig und warm mit über 20 °C. Erst danach kam es zu minimalen Niederschlägen von weniger als 5 mm verbunden mit einer leichten Abkühlung (Abb. 15, S. 65).

### **4.3. Bodennährstoffgehalte**

#### **4.3.1. 2008/2009**

Am Standort Dahnsdorf wurden im Frühjahr 2009 nur minimale  $N_{\min}$ -Gehalte gemessen. In der Reinsaat betrug der  $N_{\min}$ -Gehalt in 0 bis 60 cm Bodentiefe 26 kg  $ha^{-1}$ , in der Mischsaat lag er mit gerade einem Kilogramm an der Nachweisgrenze (Abb. 16, S. 68).

Der Boden am Standort Trenthorst wies im Herbst 2008 sowohl in der Rein- als auch in der Mischsaat einen Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff von gut 50 kg  $ha^{-1}$  auf. Hiervon befanden sich etwa 20 kg  $ha^{-1}$  in 30 bis 90 cm Bodentiefe. Bis zum Frühjahr nahm der Gesamtgehalt in beiden Kulturvarianten auf 30 kg  $ha^{-1}$  ab, zwei Drittel befanden sich in 30 bis 90 cm Bodentiefe (Abb. 16, S. 68).

Der Standort Liemehna wies im Herbst 2008 mit gut 100 kg  $ha^{-1}$  (Mischsaat) bzw. 90 kg  $ha^{-1}$  (Reinsaat) die höchsten  $N_{\min}$ -Gehalte der drei Versuchsstandorte auf. Ein Drittel in der Mischsaat und knapp ein Viertel des verfügbaren Stickstoffes in der Reinsaat lag in Bodentiefen unter 30 cm vor. Im Frühjahr befanden sich noch knapp 70 kg  $ha^{-1}$  (Mischsaat) bzw. gut 60 kg  $ha^{-1}$   $N_{\min}$  (Reinsaat) im Boden. Insbesondere in der Mischsaat war von dieser Menge über den Winter jedoch mehr als 50 % in tiefere Bodenschichten verlagert worden (Abb. 16, S. 68).

**Tabelle 14:** Bodennährstoffgehalte (0–30 cm) der Versuchsstandorte Dahnsdorf, Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna im Frühjahr 2009 und 2010 mit  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Mg und Bor (Herbst 2010) ( $mg\ 100\ g^{-1}$  Boden) sowie Angabe der Gehaltsklassen und des pH-Wertes jeweils differenziert in Raps-Reinsaat (RS) und Raps-Rübsen-Mischsaat (MS).

| Standort   |    | 2009     |        |     |     | 2010     |        |     |        |     |
|------------|----|----------|--------|-----|-----|----------|--------|-----|--------|-----|
|            |    | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Mg  | pH  | $P_2O_5$ | $K_2O$ | Mg  | Bor    | pH  |
| Dahnsdorf  | MS | 7 B      | 11 C   | 6 C | 5,2 | 4 A      | 10 C   | -   | 0,16 C | 5,0 |
|            | RS | 14 C     | 12 C   | 5 C | 5,6 | 11 C     | 20 D   | -   | 0,22 C | 5,7 |
| Trenthorst | MS | 20 C     | 14 C   | 7 C | 6,2 | 24 D     | 18 D   | -   | -      | 6,5 |
|            | RS | 19 C     | 14 C   | 8 D | 6,1 | 22 D     | 22 D   | -   | -      | 6,6 |
| Liemehna   | MS | 24 D     | 11 C   | 2 A | 6,0 | 25 D     | 13 C   | 4 B | -      | 6,4 |
|            | RS | 22 D     | 14 C   | 2 A | 6,1 | 26 D     | 11 C   | 4 B | -      | 6,4 |

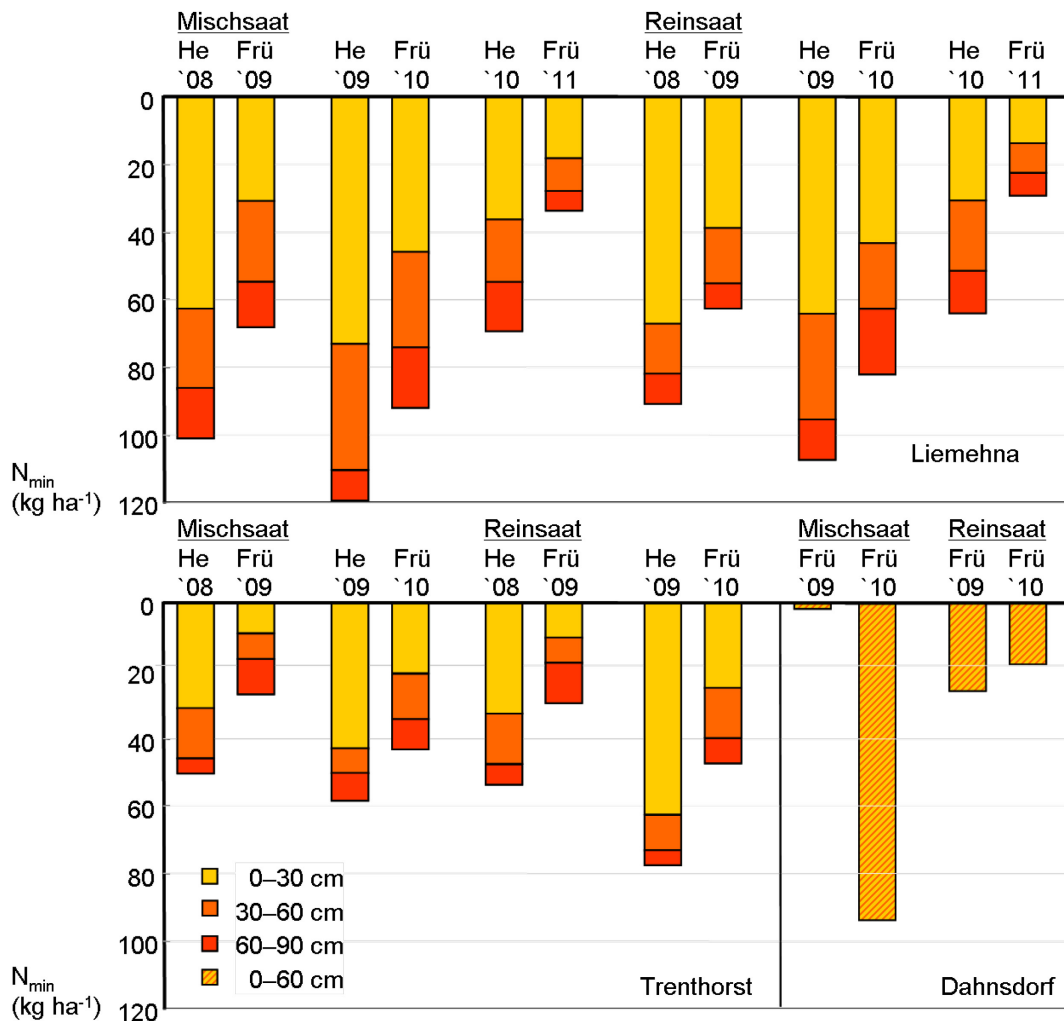
Die Versorgung mit Kalium war an allen drei Standorten im optimalen Bereich (11 bis  $14\ mg\ 100\ g^{-1}\ K_2O$ ). Beim Phosphor waren die Parzellen der Mischsaat am Standort Dahnsdorf leicht unterversorgt ( $7\ mg\ 100\ g^{-1}\ P_2O_5$ ), die Parzellen in Liemehna leicht überversorgt (22 bis  $24\ mg\ 100\ g^{-1}\ P_2O_5$ ), der Standort Trenthorst lag im Optimalbereich (ca.  $20\ mg\ 100\ g^{-1}\ P_2O_5$ ). Bis auf den Standort Liemehna, der für Magnesium eine Unterversorgung aufwies, war der Gehalt im optimalen Bereich. An allen Standorten lag der pH-Wert im schwach bis mäßig sauren Bereich (Tab. 14).

#### 4.3.2. 2009/2010

Entgegen dem Frühjahr 2009 war der  $N_{min}$ -Gehalt am Standort Dahnsdorf in der Mischsaat mit  $93\ kg\ ha^{-1}$  im Frühjahr 2010 deutlich erhöht. In der Reinsaat hingegen fiel der Gehalt mit  $18\ kg\ ha^{-1}$  geringer aus als im Frühjahr des vorherigen Jahres.

Im Herbst 2009 war der  $N_{min}$ -Gehalt am Standort Trenthorst höher als im vorherigen Herbst. Besonders in der Reinsaat fiel der Gehalt mit knapp  $80\ kg\ ha^{-1}$  deutlich höher aus. In der Mischsaat war dies mit knapp  $60\ kg\ ha^{-1}$  nicht ganz so deutlich. In beiden Kulturvarianten stand den Pflanzen, im Vergleich zum Herbst 2008, mehr Stickstoff in den obersten 30 cm zur Verfügung. Bis zum Frühjahr reduzierte sich insbesondere der  $N_{min}$ -Gehalt in der Mischsaat, so dass sich beide Kulturvarianten mit etwa  $45\ kg\ ha^{-1}$  kaum noch voneinander unterschieden. Rund 50 % des Stickstoffes befand sich in Bodenschichten unter 30 cm (Abb. 16, S. 68).

Wie bereits 2008 überstieg auch im Herbst 2009 der  $N_{min}$ -Gehalt am Standort Liemehna die beiden übrigen Versuchsstandorte. Dieser lag mit  $120\ kg\ ha^{-1}$  in der Misch- und etwa  $110\ kg\ ha^{-1}$  in der Reinsaat deutlich über dem Gehalt vom Herbst 2008. Etwa zwei Drittel des Stickstoffes befanden sich in den obersten Bodenschichten bis 30 cm Tiefe. Bis zum Frühjahr nahm in beiden Kulturvarianten



**Abbildung 16:**  $N_{min}$ -Gehalte ( $kg\ ha^{-1}$ ) des Bodens im Herbst (He) und Frühjahr (Frü) in den Versuchsjahren 2008/2009 und 2009/2010 an den Versuchsstandorten Dahnsdorf, Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna (hier auch 2010/2011).

der Stickstoffgehalt um etwa ein Drittel ab, der Anteil des Stickstoffes der unter 30 cm Bodentiefe verlagert wurde, nahm auf knapp 50 % zu (Abb. 16).

Die Versorgung mit Kalium war an allen drei Standorten im optimalen bis leicht erhöhten Bereich (bis  $22\ mg\ 100\ g^{-1}\ K_2O$ ). Am Standort Dahnsdorf lagen die Gehalte für Phosphor in der Mischsaat nur im Versorgungsbereich A ( $4\ mg\ 100\ g^{-1}\ P_2O_5$ ), die Reinsaat war optimal versorgt. Die Parzellen in Liemehna und Trenthorst waren leicht überversorgt (bis  $26\ mg\ 100\ g^{-1}\ P_2O_5$ ). An allen Standorten lag der pH-Wert im schwach sauren bis fast neutralem Bereich (Tab. 14, S. 67). Im Herbst 2010 wurde in Dahnsdorf noch zusätzlich der Borgehalt (CAT Analyse) im Boden bestimmt. Die Versorgung konnte in beiden Versuchsflächen in die Versorgungsklasse C eingestuft werden (Tab. 14, S. 67).

#### **4.3.3. 2010/2011**

Entgegen den beiden vorangegangenen Versuchsjahren war der  $N_{\min}$ -Gehalt am Standort Liemehna im Herbst 2010 vergleichsweise niedrig. Zwischen beiden Kulturvarianten ergaben sich nur geringe Unterschiede, der  $N_{\min}$ -Gehalt lag bei  $64 \text{ kg ha}^{-1}$  in der Rein- und knapp  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  in der Mischsaat. Hiervon lagen jeweils etwa 50 % in Bodentiefen unter 30 cm vor. Bis zum Frühjahr 2011 halbierte sich der  $N_{\min}$ -Gehalt in beiden Kulturvarianten, so dass noch etwa  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  Stickstoff pflanzenverfügbar waren. Dies war mit Abstand der niedrigste  $N_{\min}$ -Gehalt der drei Versuchsjahre. Hinzu kommt, dass rund 50 % des Stickstoffes in Bodentiefen unter 30 cm vorkam. (Abb. 16, S. 68).

#### **4.4. Bestandesdichte**

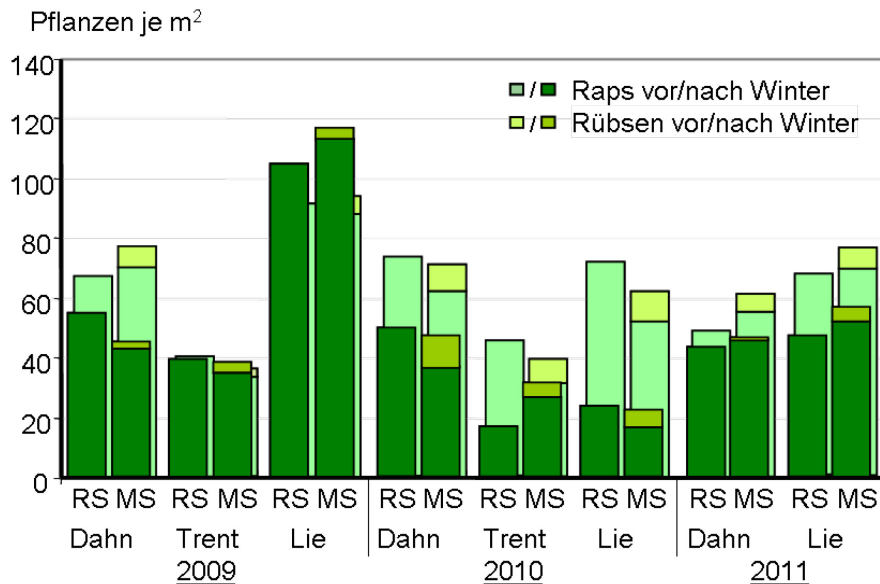
Die Bestandesdichten an den Standorten sind in Abbildung 17 (S. 70) dargestellt.

##### **4.4.1. 2008/2009**

Nach einem langen und sehr kalten Winter (vgl. Kap. 4.1., S. 60) wurden am Standort Dahnsdorf im Frühjahr 2009 deutliche Auswinterungsverluste festgestellt. In der Reinsaat konnte mit einer Pflanzendichte von 55 Pflanzen je  $\text{m}^2$  gegenüber 67 im Herbst ein Auswinterungsverlust von 17 % festgestellt werden. In der Mischsaat wurden 43 Pflanzen je  $\text{m}^2$  gezählt; dies kam einem Auswinterungsverlust von ca. 45 % (Herbst: 77 Pflanzen) gleich. Besonders stark winterete der Rübsen aus. Sein Anteil an der Gesamtpflanzenanzahl sank gegenüber knapp 10 % im Herbst auf deutlich weniger als 5 % im Frühjahr.

In Trenthorst waren 2009 keine Auswinterungsverluste zu verzeichnen, mit knapp 40 Pflanzen je  $\text{m}^2$  spiegelte die Bestandesdichte den niedrigen Feldaufgang aus dem Herbst wider (Saat: 70 Körner je  $\text{m}^2$ ). Der Rübsenanteil betrug in der Mischsaat 10 %.

Am Standort Liemehna lag die Pflanzendichte im Frühjahr 2009 zwischen 105 (Reinsaat) und 117 (Mischsaat) Pflanzen je  $\text{m}^2$  und war damit bis zu dreimal höher als an den beiden anderen Standorten. Der Rübsenanteil betrug, wie am Standort Dahnsdorf, deutlich weniger als 5 %. Auffällig an diesem Standort war die, gegenüber dem Herbst 2008, um etwa 20 % erhöhte Bestandesdichte im Frühjahr 2009.



**Abbildung 17:** Bestandesdichten vor (hintere Säulen) und nach Winter (vordere Säulen) an den drei Versuchsstandorten Dahnsdorf (Dahn), Trenthorst (Großparzelle) (Trent) und Liemehna (Lie) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 differenziert nach Raps-Reinsaat (RS) und Raps-Rübsen-Mischsaat (MS).

#### 4.4.2. 2009/2010

Nach einem erneut sehr kalten Winter (vgl. Kap. 4.1., S. 60) winterte der Bestand am Standort Dahnsdorf von etwa 70 Pflanzen im Herbst um knapp ein Drittel aus, so dass im Frühjahr 2010 noch 50 (Reinsaat) bzw. knapp 50 (Mischsaat) Pflanzen je m<sup>2</sup> vorhanden waren. In diesem Jahr war der Rübsen nicht von der Auswinterung betroffen, mit ca. elf Pflanzen je m<sup>2</sup> lag der Anteil an der Gesamtpflanzenzahl in der Mischsaat im Frühjahr bei ca. 20 %.

Am Standort Trenthorst wurden ähnlich hohe Auswinterungsraten beobachtet. Im Frühjahr konnten noch 17 (Reinsaat) bzw. 32 (Mischsaat) Pflanzen je m<sup>2</sup> gezählt werden. Der Anteil des Rübsens betrug mit fünf Pflanzen je m<sup>2</sup> in der Mischsaat ca. 15 %.

Am Standort Liemehna ließen sich 2010 mit etwa 65 % Verlust beim Raps und 40 % beim Rübsen die gravierendsten Auswinterungsverluste beobachten. Diese traten ‚nesterweise‘ verstärkt auf, so dass der Bestand sehr heterogen war. Im Mittel konnten im Frühjahr noch 24 (Reinsaat) bzw. 23 (Mischsaat) Pflanzen je m<sup>2</sup> gezählt werden, der Anteil des Rübsens in der Mischsaat betrug mit sechs Pflanzen je m<sup>2</sup> ca. 25 %.



#### **4.4.3. 2010/2011**

Die Auswinterung am Standort Dahnsdorf wies mit 10 % bis 20 % beim Raps den niedrigsten Wert der drei Versuchsjahre auf. Dennoch war die Pflanzendichte mit 43 (Reinsaat) bzw. 47 (Mischsaat) Pflanzen je m<sup>2</sup> verursacht durch den schlechten Feldaufgang im Herbst (Saat: 71 Körner je m<sup>2</sup>) als vergleichsweise niedrig einzustufen. Deutliche Auswinterungsverluste gab es beim Rübsen. Nachdem im Herbst noch etwa sechs Pflanzen je m<sup>2</sup> gezählt wurden, nahm der Anteil des Rübsens auf unter eine Pflanze je m<sup>2</sup> im Frühjahr ab. Dies entsprach einem Anteil von etwa 2 % an der Gesamtpflanzendichte.

Der Bestand winterte am Standort Liemehna zwar nicht so gravierend aus wie im vorangegangenen Winter 2009/2010, mit etwa einem Drittel Verlust gegenüber dem Herbst jedoch immer noch deutlich. Im Frühjahr 2011 wurden etwa 47 Pflanzen in der Rein- und 57 Pflanzen je m<sup>2</sup> in der Mischsaat gezählt, der Anteil des Rübsens betrug ca. 10 %.

### **4.5. Schädlingsaktivität und Aktivitätsdynamik der Schädlinge**

#### **4.5.1. Schädlingsaktivität, 2009**

Die Aktivitätserfassung der Schädlinge mittels Gelbschalen im Jahr 2009 fand am Standort Dahnsdorf vom 23. März bis 22. April, am Standort Liemehna vom 23. März bis 20. April und am Standort Trenthorst vom 23. März bis 12. Mai statt.

Im Jahr 2009 dominierte bei den Stängelrüsslern am Standort Dahnsdorf der Große Rapsstängelrüssler. Die kumulierten Fänge je Gelbschale lagen bei 162 Großen Rapsstängelrüsslern gegenüber 79 Gefleckten Kohltriebrüsslern. Bei beiden Arten war eine Präferenz für die Mischsaat zu erkennen, die bei dem Geflecktem Kohltriebrüssler stärker ausfiel. Am Standort Trenthorst dominierte klar der Gefleckte Kohltriebrüssler mit 329 Individuen, beim Große Rapsstängelrüsslern konnten nur zehn Fänge verzeichnet werden. Bei beiden Rüsslerarten war auch hier eine Präferenz für die Mischsaat erkennbar. In Liemehna war der Gefleckte Kohltriebrüssler (220 Individuen) stärker als der Große Rapsstängelrüssler vertreten (140 Individuen) (Tab. 15, S. 72).

Bei den Rapsglanzkäfern wurden 2009 in Dahnsdorf fast 7.000, in Trenthorst ca. 5.200 Käfer gefangen. An beiden Standorten wurde die Mischsaat verstärkt angefliegen. Deutlich niedriger fielen die Gelbschalenfänge in Liemehna mit 250

**Tabelle 15:** Schädlingsaktivität (kumulierte Fänge je Gelbschale) an den drei Versuchsstandorten in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.) (RSR), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)) (KTR), Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) (RGK), Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull) für die Raps-Reinsaat (Rein) und Raps-Rübsen-Mischsaat (Misch).

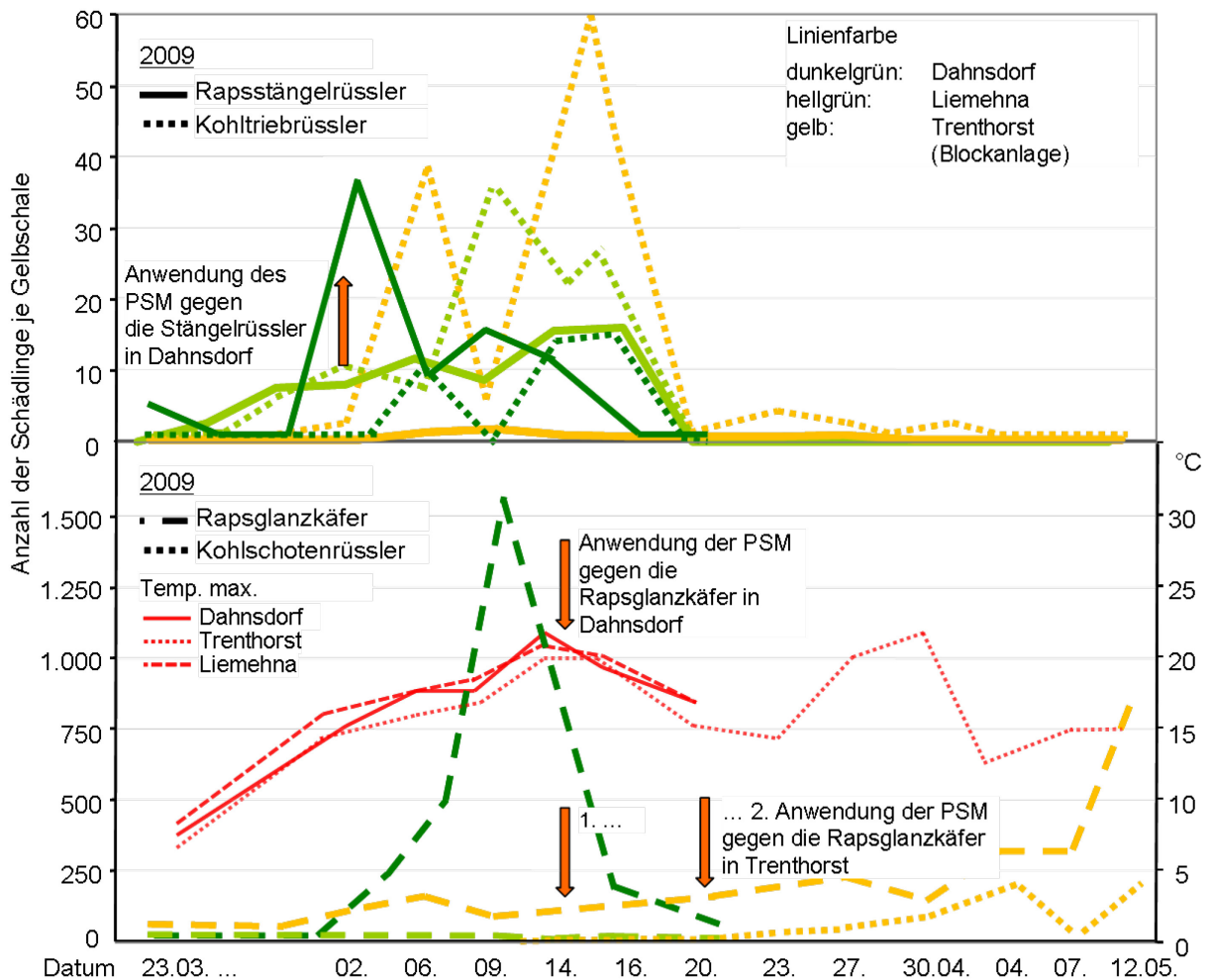
|             | Schaderreger | Dahnsdorf |       | Trenthorst |       | Liemezhna    |
|-------------|--------------|-----------|-------|------------|-------|--------------|
|             |              | Rein      | Misch | Rein       | Misch | Rein + Misch |
| <b>2009</b> | <b>RSR</b>   | 75        | 87    | 3          | 6     | 140          |
|             | <b>KTR</b>   | 23        | 56    | 130        | 199   | 220          |
|             | <b>RGK</b>   | 2.974     | 3.956 | 2.203      | 3.069 | 250          |
|             | <b>KSR</b>   | -         | -     | 321        | 256   | -            |
| <b>2010</b> | <b>RSR</b>   | 74        | 253   | 2          | 5     | 24           |
|             | <b>KTR</b>   | 59        | 67    | 63         | 19    | 99           |
|             | <b>RGK</b>   | 5.050     | 1.894 | 702        | 291   | 56           |
| <b>2011</b> | <b>RSR</b>   | 82        | 82    | -          | -     | 191          |
|             | <b>KTR</b>   | 27        | 75    | -          | -     | 146          |
|             | <b>RGK</b>   | 1.265     | 2.719 | -          | -     | 1.283        |
|             | <b>KSR</b>   | 35        | 241   | -          | -     | 16           |

Rapsglanzkäfern aus. In Trenthorst konnte durch den langen Gelbschalenzeitraum der Einflug des Kohlschotenrüsslers nachgewiesen werden, welcher mit 321 zu 256 Individuen eine leichte Präferenz für die Reinsaat zeigte (Tab. 15). Wegen der lang anhaltenden kalten Witterung (Kap. 4.1., S. 60) begann der Zuflug der Rapsschädlinge im Jahr 2009 erst gegen Ende März.

#### 4.5.2. Aktivitätsdynamik der Schädlinge, 2009

Am Standort Dahnsdorf stieg die Temperatur innerhalb von wenigen Tagen von unter 10 °C auf deutlich über 15 °C an, so dass es zu einem sprunghaften Anstieg der zugeflogenen Großen Rapsstängelrüssler auf durchschnittlich fast 40 Individuen pro Gelbschale kam. Nur wenig verzögert kam es zum Massenzuflug der Rapsglanzkäfer, der im Zeitraum 09. April 2009 mit durchschnittlich mehr als 1.500 Käfern je Gelbschale seinen Höhepunkt erreichte. Genau so sprunghaft wie der Anstieg war auch die Abnahme der Flugaktivität der Schädlinge. Insbesondere bei den Rapsglanzkäfern waren etwa eine Woche nach dem Flughöhepunkt alle Käfer aus ihren Winterquartieren ausgeflogen. Bei den Gefleckten Kohltriebrüsslern zog sich der Zuflug mehr als zwei Wochen hin, mit zwei Flughöhepunkten am 06. (10 Rüssler) und um den 15. April 2009 (knapp 15), die mit dem Anstieg der Temperaturen einhergingen (Abb. 18, S. 73).

In Trenthorst wurde der Zuflug der Rapsglanzkäfer durch die physiologische Knospenwelke (Abb. 9, S. 45) beeinflusst. Durch die Knospenwelke fiel die eigent-



**Abbildung 18:** Aktivitätsdynamik der Schädlinge (Fänge je Gelbschale) und Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel (PSM) an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull) und Angabe der Maximaltemperatur (Temp. max.). Wetterstationen: Dahnsdorf: Versuchsfeld, Trenthorst: Versuchsfeld, Liemehna: Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz.

liche Hauptblüte aus und es kam es zu einer späteren, zweiten Blüte der Rapspflanzen. Desweiteren erstreckte sich der Zuflug der Rapsglanzkäfer von Ende März bis in die erste Maidekade. Ab Ende April kam es zum Hauptanstieg der Zuflugaktivität bis zum Maximum der Aktivität von durchschnittlich ca. 800 Käfern am 12. Mai 2009. Die auch an diesem Standort sprunghafte Erwärmung Anfang April blieb demnach ohne bedeutenden Einfluss auf die Aktivität der Käfer, ein Zusammenhang zwischen Rapsglanzkäferzuflug und Temperaturentwicklung bestand nicht. Die Großen Rapsstängelrüssler flogen an diesem Standort kaum zu. Demgegenüber gab es eine hohe und stark schwankende Aktivität bei den Gefleckten Kohltriebrüsslern mit zwei deutlichen Flughöhepunkten am 06. April (knapp 40 Rüssler) und um den 15. April 2009 (ca. 60). Die Flughöhepunkte ließen sich allerdings nur bedingt durch den

Temperaturverlauf erklären. Ab etwa Mitte April flogen die Kohlschotenrüssler ein, deren Aktivität sich zunächst auf sehr niedrigem Niveau bewegte und Anfang Mai auf bis über durchschnittlich 200 Individuen je Gelbschale anstieg (Abb. 18, S. 73).

In Liemehna kam es bei einem ähnlichen Temperaturverlauf wie an den beiden übrigen Standorten zu nur sehr geringen Zuflügen von Rapsglanzkäfern (maximal 63 um den 09. April 2009), ein Massenzuflug konnte hier nicht beobachtet werden. Der Zuflug der Großen Rapsstängelrüssler nahm parallel zur Temperaturentwicklung kontinuierlich über drei Wochen zu und erreichte um den 15. April 2009 mit mehr als durchschnittlich 15 Rüsslern sein Maximum. Die Aktivität der Gefleckten Kohltriebrüssler war höher und dynamischer als die der Großen Rapsstängelrüssler und erreichte bereits am 09. April 2009 mit durchschnittlich ca. 35 Rüsslern das Maximum. Ein Zusammenhang zum Temperaturverlauf war nur bedingt zu erkennen. Am 20. April 2009 war der Zuflug der Stängelrüssler in Liemehna beendet (Abb. 18, S. 73).

#### **4.5.3. Schädlingsaktivität, 2010**

Die Aktivitätserfassung der Schädlinge mittels Gelbschalen im Jahr 2010 fand am Standort Dahnsdorf vom 22. März bis 29. April, am Standort Liemehna vom 02. bis 29. April und am Standort Trenthorst vom 22. März bis 29. April statt.

Im Gegensatz zum Jahr 2009 kam es im Jahr 2010 am Standort Dahnsdorf zu einem stärkeren Zuflug der Stängelrüssler. Weiterhin dominierte der Große Rapsstängelrüssler (kumuliertes Mittel 327 Fänge) gegenüber dem Geflecktem Kohltriebrüssler (126 Fänge). Die Präferenz für die Mischsaat war bei dem Großen Rapsstängelrüssler deutlich, bei dem Gefleckten Kohltriebrüssler kaum ausgeprägt. In Trenthorst kam es verglichen mit 2009 zu einer Abnahme der Aktivität des Gefleckten Kohltriebrüsslers um ca. 75 % auf unter 100 Individuen. Die Mehrzahl der Gefleckten Kohltriebrüssler zeigte eine Präferenz für die Reinsaatfläche. Die Aktivität des Großen Rapsstängelrüsslers war wie bereits 2009 gering und mit unter zehn Rüsslern zu vernachlässigen. In Liemehna betrug 2010 der Zuflug der Stängelrüssler mit 123 Fängen gesamt nur noch ein Drittel von 2009, der Gefleckte Kohltriebrüssler war auch 2010 die an diesem Standort dominierende Art (99 Individuen) (Tab. 15, S. 72).

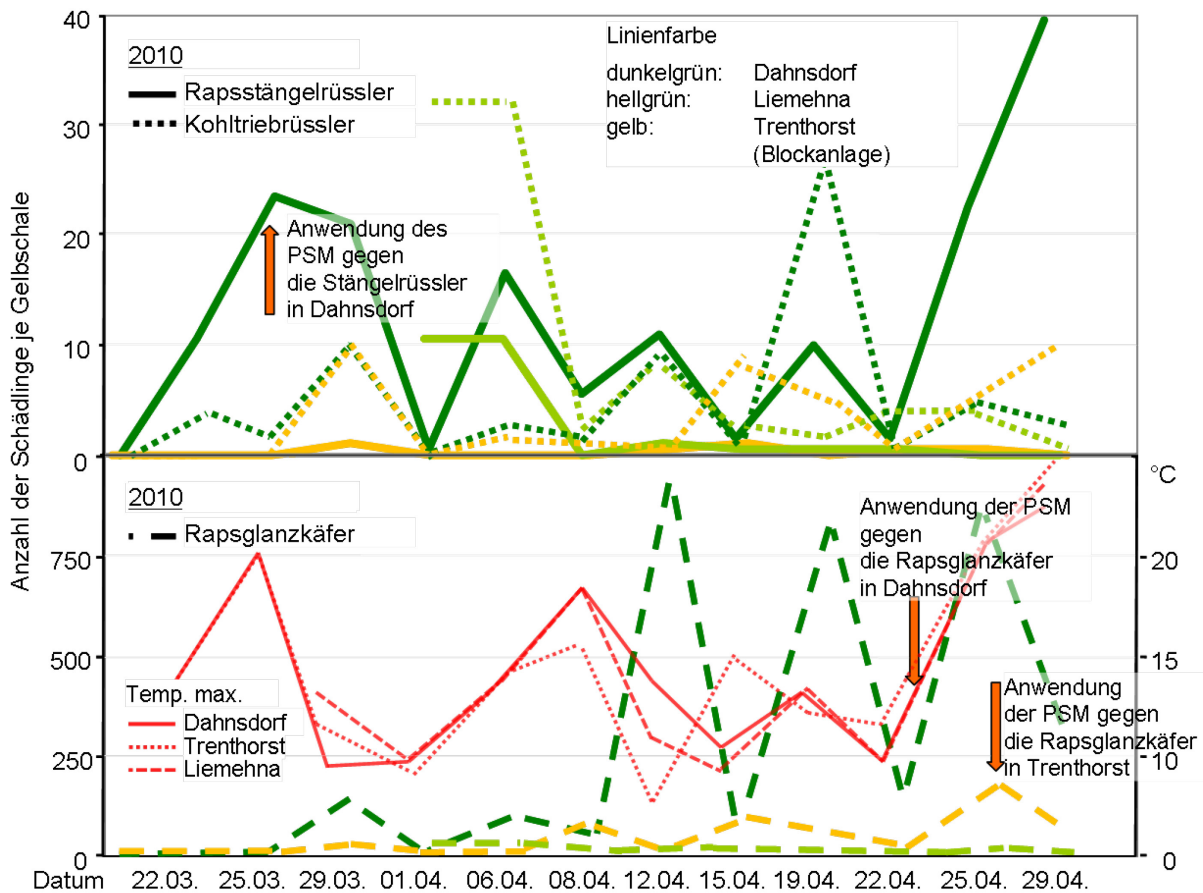
Die kumulierten, mittleren Fänge des Rapsglanzkäfers entsprachen 2010 in Dahnsdorf etwa denen aus dem Vorjahr. Im Jahr 2010 konnte, im Gegensatz zu 2009, eine deutliche Präferenz der Käfer für die Reinsaatflächen festgestellt werden.

Auch in Trenthorst zeigten 2010 die Käfer eine Präferenz für die Reinsaat. Die Zahl der in 2010 gefangenen Rapsglanzkäfer ging mit knapp 1.000 gegenüber 5.200 Käfern im Jahr 2009 deutlich zurück. In Liemehna sank die Zahl der gefangenen Rapsglanzkäfer verglichen zu 2009 noch weiter, auf 56 Käfer (Tab. 15, S. 72).

#### **4.5.4. Aktivitätsdynamik der Schädlinge, 2010**

Im Jahr 2010 zeigte sich in Dahnsdorf der Temperaturverlauf sehr dynamisch. Bis zum 25. März 2010 kam es zu einer starken Erwärmung auf über 20 °C, nachfolgend zu einem Temperatursturz auf unter 10 °C Anfang April, dem wiederum eine Erwärmung folgte. Es wechselten weitere Erwärmungs- und Abkühlphasen bis letztendlich eine starke Erwärmung auf deutlich über 20 °C Ende April stattfand. Die Zuflughöhepunkte der Großen Rapsstängelrüssler entsprachen den Höhepunkten des Temperaturverlaufs, wodurch zwei Hauptzuflüge erkennbar wurden. Der erste konnte für den Zeitraum Ende März mit mittleren Gelbschalenfängen von mehr als 20 Großen Rapsstängelrüsslern charakterisiert werden. Nachfolgend kam es zu Phasen, in denen kaum ein Zuflug stattfand, gefolgt von kurzen Aktivitätsanstiegen auf über zehn Rüssler. Mit der starken Erwärmung in der letzten Aprildekade fand der zweite Hauptzuflug statt, die Aktivität stieg sprunghaft, auf durchschnittlich fast 40 Großen Rapsstängelrüsslern je Gelbschale, an. Sehr dynamisch verlief auch der Zuflug der Gefleckten Kohltriebrüssler mit Phasen geringer Aktivität und Phasen mit Fängen von ca. zehn Rüsslern. Die Phasen zeigten nur eine bedingte Beziehung zum Temperaturverlauf. Der eigentliche Hauptzuflug fand um den 20. April 2010 statt, kurz vor der starken Erwärmung, mit mehr als 25 gefangenen Individuen. Der Rapsglanzkäferzuflug zog sich im Jahr 2010 über einen längeren Zeitraum. Die Käfer flogen ab dem 08. April nennenswert ein, ihre Aktivität schwankte extrem und orientierte sich grob an der Dynamik der Temperatur. Es kam zu drei Zuflughöhepunkten (Zeitraum 12., 20. und 25. April), bei denen jeweils im Durchschnitt Gelbschalenfänge von mehr als 750 Käfern verzeichnet wurden (Abb. 19, S. 76).

In Liemehna kam es trotz ähnlicher Temperaturentwicklung nur zu einem Hauptzuflug der beiden Rüsslerarten Anfang April. Mit mittleren Gelbschalenfängen



**Abbildung 19:** Aktivitätsdynamik der Schädlinge (Fänge je Gelbschale) und Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel (PSM) an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2010, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull) und Angabe der Maximaltemperatur (Temp. max.). Wetterstationen: Dahnsdorf: Versuchsfeld, Trenthorst: Lübeck (LENDT, 2011), Liemehna: Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz.

von mehr als 30 gefangenen Individuen dominierte der Gefleckte Kohltriebrüssler gegenüber dem Großen Rapsstängelrüsslern (ca. zehn). Die Aktivität der Rapsglanzkäfer war abermals zu vernachlässigen (Abb. 19).

In Trenthorst kam es bei den Stängelrüsslern nur zu geringen Zuflügen des Gefleckten Kohltriebrüsslers. Der Zuflug vollzog sich von Ende März bis Ende April mit drei Höhepunkten (Ende März, Mitte und Ende April) mit je ca. zehn gefangenen Individuen. Eine Beziehung zum Temperaturverlauf war lediglich für den ersten Flughöhepunkt erkennbar. Dieser erfolgte etwas zeitversetzt nach der deutlichen Erwärmung auf über 20 °C um den 25. März 2010. Der Einflug der Rapsglanzkäfer begann um den 29. März. Der erste nennenswerte Zuflug konnte erst um den 08. April (etwa 60 Käfer) registriert werden; der Flughöhepunkt wurde Ende April mit durchschnittlich ca. 150 Käfern erreicht. Die Flughöhepunkte stimmten gut mit den einzelnen Erwärmungsphasen überein (Abb. 19).

**4.5.5. Schädlingsaktivität, 2011**

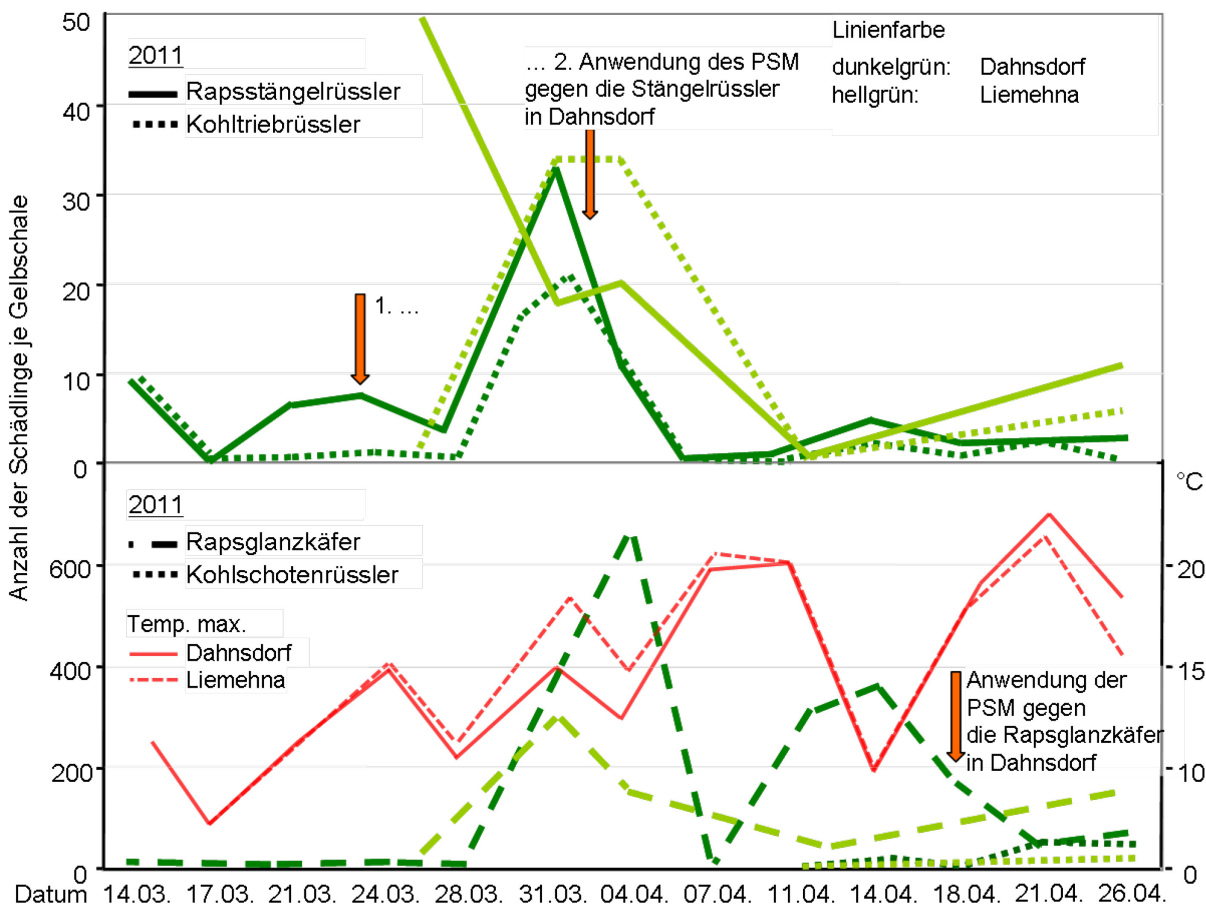
Die Aktivitätserfassung der Schädlinge mittels Gelbschalen im Jahr 2011 fand am Standort Dahnsdorf vom 14. März bis 26. April und am Standort Liemehna vom 28. März bis 26. April statt.

Im letzten Versuchsjahr ging der Zuflug der Stängelrüssler am Standort Dahnsdorf insgesamt um ein Drittel im Vergleich zu 2010 zurück. Er entsprach mit mittleren, kumulierten Gelbschalenfängen von 266 Individuen etwa dem Jahr 2009. Mit etwas über 160 Individuen blieb auch 2011 der Große Rapsstängelrüssler die an diesem Standort dominierende Art, wobei Rein- und Mischsaat gleich stark angefliegen wurden. Beim Gefleckten Kohltriebrüssler hingegen war mit 75 gegenüber 27 gefangenen Individuen eine deutliche Präferenz für die Mischsaat erkennbar. In diesem Jahr war erstmalig ein früher Zuflug (ab Mitte April) der Kohlschotenrüssler zu beobachten. Die Kohlschotenrüssler zeigten mit 241 Individuen eine deutliche Präferenz in der Mischsaat (Reinsaat 35 Rüssler). In Liemehna war der Zuflug der Stängelschädlinge mit über 340 gefangenen Individuen dreimal so hoch wie im Jahr zuvor und minimal niedriger als 2009 (Tab. 15, S. 72).

Im Jahr 2011 wurde am Standort Dahnsdorf mit gesamt ca. 4.000 die niedrigste Zahl gefangener Rapsglanzkäfer der drei Versuchsjahre registriert. Mit über 2.700 Individuen wurde die Mischsaat deutlich gegenüber der Reinsaat präferiert. Beachtlich war in diesem Jahr der am Standort Liemehna vergleichsweise starke Zuflug von Rapsglanzkäfern. Mit fast 1.300 gefangenen Käfern überstieg er die Flüge von 2009 um das fünf-, die von 2010 sogar um das dreizehnfache. Auch in Liemehna war 2011 erstmalig die frühe Aktivität von Kohlschotenrüsslern zu beobachten, mit insgesamt 16 gefangenen Individuen allerdings deutlich unter dem Niveau des Standortes Dahnsdorf (Tab. 15, S. 72).

**4.5.6. Aktivitätsdynamik der Schädlinge, 2011**

In Dahnsdorf sorgten Temperaturen von etwa 12 °C Mitte März für den ersten, schwachen Zuflug der Stängelschädlinge. Nachdem ein Temperaturrückgang für eine Einflugpause sorgte, kam es infolge eines Temperaturanstiegs auf 15 °C ab dem 21. März 2011 erneut zu einem schwachen Einflug. Der eigentliche Hauptzuflug ereignete sich Ende März mit mittleren Gelbschalenfängen von mehr als 30 Stängel-



**Abbildung 20:** Aktivitätsdynamik der Schädlinge (Fänge je Gelbschale) und Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel (PSM) an den drei Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2011, differenziert nach Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull) und Angabe der Maximaltemperatur (Temp. max.). Wetterstationen: Dahnsdorf: Versuchsfeld, Trenthorst: Lübeck (LENDT, 2011), Liemehna: Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz.

rüsslern bei Temperaturen von 15 °C. Trotz nachfolgender Temperaturen von teilweise über 20 °C nahm die Aktivität der Rüssler nach diesem Hauptzuflug deutlich ab und stagnierte zwischen null und fünf Individuen. Bei den Rapsglanzkäfern ließen sich 2011 zwei Hauptzuflüge charakterisieren. Der erste Hauptzuflug fand mit über 600 Käfern Anfang April statt, nachdem die Temperaturen vorab mehrmals über 15 °C gestiegen waren. Der zweite Hauptzuflug wies Mitte April knapp 400 Käfer auf, nachdem die Temperaturen in den vorangegangenen Tagen über 20 °C erreicht hatten. Zu diesem Zeitpunkt flogen auch die ersten Kohlschotenrüssler ein. Nach einer deutlichen Abkühlungsphase Mitte April stieg deren Aktivität mit höheren Temperaturen wieder an und erreichte mit 62 gefangenen Individuen Ende April das Maximum (Abb. 20).

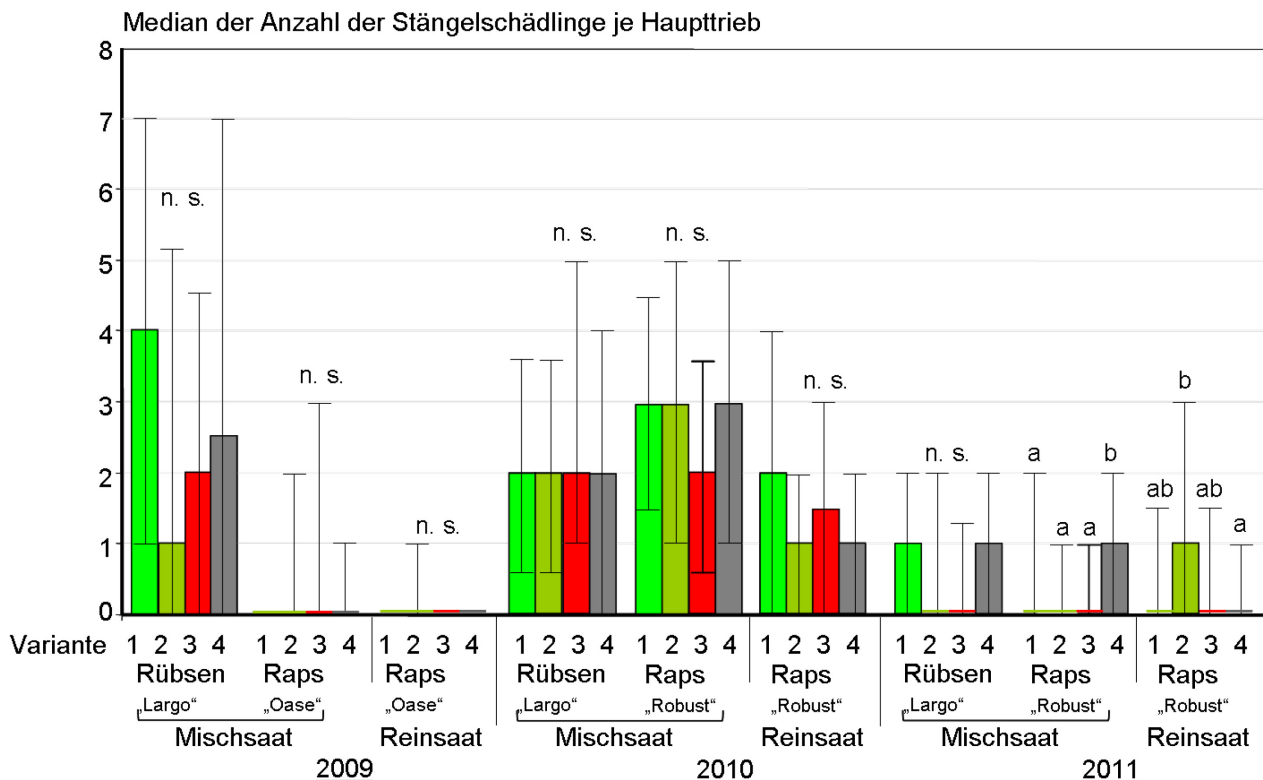


In Liemehna folgte auf die erste nennenswerte Erwärmung um den 24. März 2011 der Hauptzuflug des Großen Rapsstängelrüsslers mit durchschnittlich 50 Individuen je Gelbschale. Nachfolgend nahm die Aktivität, von einer kurzweiligen Stagnation abgesehen, unabhängig von der Temperaturentwicklung vollständig ab. Der starken Erwärmung Ende April folgte nochmals ein leichter Aktivitätsanstieg auf etwas über zehn Rüssler. Auch beim Gefleckten Kohltriebrüssler war nur ein Hauptzuflug zu charakterisieren. Dieser fand mit über 30 Individuen etwas zeitversetzt hinter dem des Großen Rapsstängelrüsslers Ende März bzw. Anfang April statt, nachdem die Temperaturen vorab mehrmals über 15 °C gestiegen waren. Nachfolgend ging die Aktivität ganz zurück und stieg erst gegen Ende April nochmals leicht an. Der Zuflug des Rapsglanzkäfers erfolgte in der letzten Märzdekade und erreichte den Höhepunkt zeitgleich mit dem des Gefleckten Kohltriebrüsslers Ende März bzw. Anfang April mit etwa 300 Käfern. Im weiteren Verlauf nahm der Zuflug auf unter 100 Käfer ab, stieg dann aber in der letzten Aprildekade nochmals auf etwas über 150 Rapsglanzkäfer an (Abb. 20, S. 78).

#### **4.6. Regulierung der Stängelrüssler (*Ceutorhynchus* spp.) durch Pflanzenschutzmittel am Standort Dahnsdorf**

##### **4.6.1. 2009**

Die Anwendung von Natur-Pyrethrum zur Regulierung der Stängelrüssler erfolgte am 03. April 2009 im Stadium BBCH 50 bis 51. Nachdem es bis Ende März wegen der kühlen Witterung nur ein minimaler Schädlingszuflug zu verzeichnen war (vgl. Kap. 4.5., S. 71), wurde infolge der starken Erwärmung Anfang April mit mittleren Gelbschalenfängen von über 35 Großen Rapsstängelrüsslern innerhalb von drei Tagen die Bekämpfungsschwelle deutlich überschritten. Wie aus Abbildung 23 (S. 84) ersichtlich ist, wurde der prozentuale Anteil der Pflanzen, die mit Stängelschädlingen befallen waren, beim Raps in der Mischsaat in den drei Anwendungsvarianten Natur-Pyrethrum (Var. 2 bis 4) gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) deutlich um etwa 25 Prozentpunkte reduziert. Beim Rübsen fiel die Absenkung mit etwa 15 Prozentpunkten geringer aus, beim Raps in der Reinsaat war der prozentuale Anteil befallener Pflanzen in den Behandlungsvarianten sogar um sechs Prozentpunkte erhöht. Eine Aussage über die Auswirkungen der Behandlung mit Natur-Pyrethrum auf die Anzahl der Larven in den Haupttrieben und das Schad-



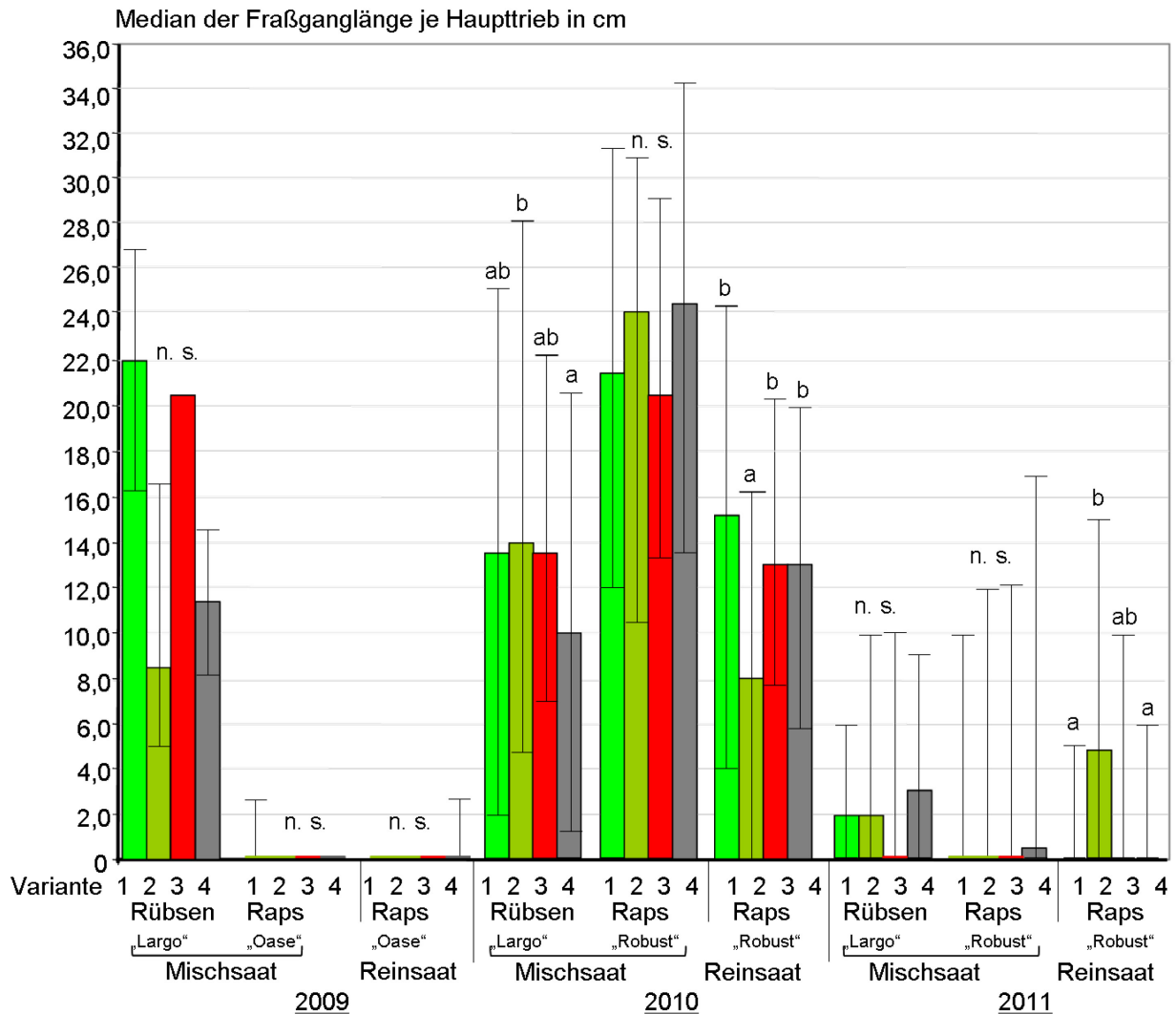
**Abbildung 21:** Median der Larvenanzahl der Stängelschädlinge (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) je Haupttrieb zum Ende der Blüte, differenziert nach Rapsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

2011: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, n = 4 je Variante mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps bzw. 40 (2009 & 2011), 80 (2010) beim Rapsen, Fehlerbalken: 25 % und 75 % Quartil.

ausmaß durch Fraßgänge kann nur für die Rapsenpflanzen getroffen werden, in den Rapspflanzen war der Befall hierfür zu gering (Abb. 21). In den Rapsenpflanzen konnten die Stängelschädlinge durch Natur-Pyrethrum zwar nicht signifikant reduziert werden, die Wirkungsgrade zwischen 37,5 % und 75,0 % waren dennoch recht hoch (Tab. 16, S. 83). Die ab dem 06. April wieder vermehrt zufliegenden Stängelrüssler



**Abbildung 22:** Median der Fraßganglänge je Haupttrieb zum Ende der Blüte, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

**2009:** Var. 1 = u. K., Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

**2010:** Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

**2011:** Var. 1 = u. K., Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, n = 4 je Variante mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps bzw. 40 (2009 & 2011), 80 (2010) beim Rübsen, Fehlerbalken: 25 % und 75 % Quartil.

(Abb. 18, S. 73) wurden durch die in diesen Zeitraum fallende, zusätzliche Anwendung von Spinosad (Var. 3) und SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl (Var. 4) zur Kontrolle des Rapsglanzkäfers nicht erfasst. In diesen Varianten kam es weder zu einer Herabsetzung des prozentualen Anteils befallener Pflanzen, noch zu einer

Steigerung des Wirkungsgrades verglichen mit der einmaligen Natur-Pyrethrum-Anwendung (Var. 2) (Tab. 16, S. 83). Die Behandlung mit Natur-Pyrethrum bewirkte, analog zum Befall der Stängel mit Larven, keinen signifikant reduzierenden Effekt auf die Fraßganglängen (Abb. 22, S. 81). In der Rübsenkultur schwankte der Wirkungsgrad stark und betrug zwischen 61,4 % in Variante 2 und 47,7 % in Variante 4. Variante 3 fiel mit nur 8,6 % deutlich zurück. Bei den beiden Rapskulturen war keine fraßgangreduzierende Wirkung zu beobachten. Eine Steigerung des Wirkungsgrades durch die in Variante 3 und 4 Mitte April zusätzlich applizierten Mittel Spinosad (Var. 3) und SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl (Var. 4) gegenüber der einmaligen Natur-Pyrethrum-Anwendung (Var. 2) konnte folglich ausgeschlossen werden (Tab. 16, S. 83).

#### **4.6.2. 2010**

Die Anwendung von Spinosad zur Regulierung der Stängelrüssler erfolgte am 25. März 2010 im Stadium BBCH 19 bis 20. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Bekämpfungsschwelle mit ca. 23 Großen Rapsstängelrüsslern je Gelbschale innerhalb von drei Tagen deutlich überschritten. Der prozentuale Anteil der mit Stängelschädlingen befallenen Pflanzen nahm im Jahr 2010 insbesondere in den beiden Rapskulturen im Vergleich zu 2009 rapide zu, der Anteil lag zumeist bei über 80 % (Abb. 23, S. 84). Ein Effekt der Behandlung mit Spinosad (Var. 2 bis 4) konnte diesbezüglich für keine Kultur beobachtet werden, in einigen Varianten war der Anteil befallener Pflanzen im Unterschied zu der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) sogar erhöht. Im Jahr 2010 fiel nicht nur der prozentuale Anteil der mit Stängelrüsslern befallenen Pflanzen gegenüber 2009 höher aus. Auch der Befall mit Stängelrüsslern je Haupttrieb war insbesondere in den Rapskulturen gegenüber dem Jahr 2009 deutlich erhöht. Die Behandlung mit Spinosad erbrachte in keiner Kultur eine signifikante Reduktion der Larvenzahlen in den Haupttrieben verglichen mit unbehandelten Kontrolle (Abb. 21, S. 80). Der Wirkungsgrad betrug in den beiden Mischsaatkulturen zwischen 0 % und 33 %, in der Reinsaatkultur wurden Wirkungsgrade zwischen 33 % (Var. 3) und 50,0 % (Var. 2 und 4) erreicht. Die später noch zufliegenden Stängelrüssler (Abb. 19, S. 76) wurden durch die zusätzliche Anwendung am 23. April von Spinosad (Var. 3) und Kaolin (Var. 4) zur Kontrolle des Rapsglanzkäfers nicht erfasst, da es in diesen Varianten weder zu einer Herabsetzung des Anteils befallener Pflanzen noch zu einer Steigerung des Wirkungsgrades im Vergleich zu der einmaligen Spinosad-Anwendung (Var. 2) kam

(Tab. 16). Entsprechend des Befalls der Stängel mit Rüsslerlarven waren auch für das Merkmal der Fraßganglängen keine signifikant regulierenden Effekte der Anwendung von Spinosad erkennbar (Abb. 22, S. 81). Lediglich die einmalige Spinosad-Anwendung (Var. 2) in der Raps-Reinsaat unterschied sich durch signifikant reduzierte Fraßganglängen von den übrigen Varianten – der Effekt war auch anhand eines Wirkungsgrades von fast 100 % erkennbar (Tab. 16). Für die übrigen Varianten schwankte der Wirkungsgrad auf niedrigem, teilweise sogar negativem Niveau, zwischen + 35,0 % und - 12,2 %. Die zusätzliche Anwendung von Spinosad und Kaolin in Variante 3 bzw. 4 am 23. April 2010 zog gegenüber der einmaligen Spinosad-Anwendung (Var. 2) keine durchgehende Herabsetzung des Schadausmaßes bzw. Steigerung des Wirkungsgrades nach sich (Tab. 16).

**Tabelle 16:** Wirkungsgrad der angewandten Pflanzenschutzmittel auf den Median der Anzahl der Stängelschädlinge (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) sowie auf den Median der Fraßganglängen, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

2009: Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

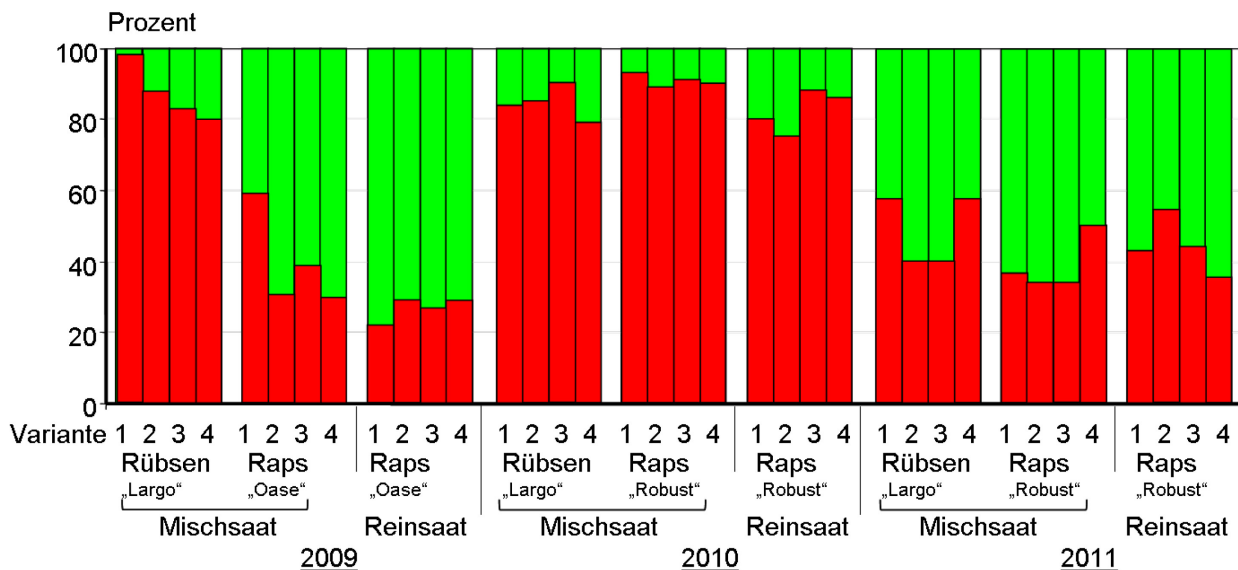
2010: Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

2011: Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer).

|                      | Anzahl der Larven |         |        | Fraßganglängen |         |         |
|----------------------|-------------------|---------|--------|----------------|---------|---------|
|                      | Var. 2            | Var. 3  | Var. 4 | Var. 2         | Var. 3  | Var. 4  |
| <b>2009*</b> Rübsen  | 75,0 %            | 50,0 %  | 37,5 % | 61,4 %         | 8,6 %   | 47,7 %  |
| <b>Raps MS</b>       | 0,0 %             | 0,0 %   | 0,0 %  | 0,0 %          | 0,0 %   | 0,0 %   |
| <b>Raps RS</b>       | 0,0 %             | 0,0 %   | 0,0 %  | 0,0 %          | 0,0 %   | 0,0 %   |
| <b>2010**</b> Rübsen | 0,0 %             | 0,0 %   | 0,0 %  | -3,5 %         | 0,0 %   | 35,0 %  |
| <b>Raps MS</b>       | 0,0 %             | 33,3 %  | 0,0 %  | -10,4 %        | 4,9 %   | -12,2 % |
| <b>Raps RS</b>       | 50,0 %            | 33,3 %  | 50,0 % | 48,4 %         | 19,2 %  | 19,2 %  |
| <b>2011**</b> Rübsen | 100,0 %           | 100,0 % | 0,0 %  | 0,0 %          | 100,0 % | -50,0 % |
| <b>Raps MS</b>       | 0,0 %             | 0,0 %   | 0,0 %  | 0,0 %          | 0,0 %   | 0,0 %   |
| <b>Raps RS</b>       | 0,0 %             | 0,0 %   | 0,0 %  | 0,0 %          | 0,0 %   | 0,0 %   |

\* Rübsen „Largo“, Raps „Oase“

\*\* Rübsen „Largo“, Raps „Robust“



**Abbildung 23:** Relativer Anteil der befallsfreien Haupttriebe (grün) und der mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) befallenen Haupttriebe (rot), differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

2011: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer).

#### 4.6.3. 2011

Im Jahr 2011 erfolgte eine zweimalige Anwendung von Spinosad zur Regulierung der Stängelrüssler. Die Anwendungen wurden am 23. März (BBCH 17) bzw. 02. April (BBCH 19 bis 50) durchgeführt. Vorausgegangen war eine deutliche Zunahme der Fänge auf durchschnittlich ca. 7 Große Rapsstängelrüssler beim ersten bzw. über 30 Große Rapsstängelrüssler und bis zu 25 Gefleckte Kohltriebrüssler je Gelbschale beim zweiten Anwendungstermin. Im Vergleich zum Vorjahr nahm der prozentuale Anteil der mit Stängelschädlingen befallenen Pflanzen um mehr als 40 % ab und lag damit im Mittel noch unter dem des Jahres 2009. Eine Absenkung des Anteils befallener Pflanzen durch die zweimalige Anwendung von Spinosad (Var. 2 bis 4) konnte nicht festgestellt werden (Abb. 23). Nicht nur der Anteil befallener Pflanzen, sondern auch der Befall mit Stängelschädlingen war mit

teilweise weniger als einer Larve je Haupttrieb insbesondere gegenüber dem Jahr 2010 deutlich herabgesetzt (Abb. 21, S. 80). Ein regulierender Effekt der zweimaligen Spinosad-Anwendung (Var. 2 bis 4) auf die Stängelrüssler statistisch nicht nachgewiesen werden. Demgegenüber war der Befall beim Raps in der Mischsaat für Variante 4 verglichen mit der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) signifikant erhöht. Somit blieb die zweimalige Anwendung von Spinosad insgesamt ohne nennenswerte Wirkung auf die Stängelrüssler. Die zusätzliche Anwendung von Spinosad (Var. 3) und Kaolin/Rapsöl (Var. 4) zur Kontrolle des Rapsglanzkäfers am 19. April hatte keinen additiven Effekt auf die Wirksamkeit der zweimaligen Spinosad-Anwendung, da es in diesen Varianten weder zu einer Herabsetzung des Anteils befallener Pflanzen noch zu einer Steigerung des Wirkungsgrades im Unterschied zu der zweimaligen Spinosad-Anwendung (Var. 2) kam (Tab. 16, S. 83). Entsprechend des Befalls der Haupttriebe war im Jahr 2011 auch die Schädigung dieser durch Fraßgänge im Vergleich zum Jahr 2010 deutlich reduziert. Die zweimalige Anwendung von Spinosad zur Regulierung der Stängelrüssler erbrachte keine statistisch nachweisbare Reduzierung der Fraßganglängen, für Variante 2 konnten in der Raps-Reinsaat sogar signifikant längere Fraßgänge nachgewiesen werden. Die zusätzliche Anwendung von Spinosad (Var. 3) und Kaolin/Rapsöl (Var. 4) zur Kontrolle des Rapsglanzkäfers am 19. April ließ keinen Effekt auf die Fraßganglängen erkennen (Abb. 22, S. 81).

#### **4.7. Regulierung der Stängelrüssler (*Ceutorhynchus* spp.) und Rapserdflöhe (*Psylliodes chrysocephala* L.) durch den Mischanbau mit Rübsen**

Für die graphische Darstellung des Einflusses des Rübsens auf den Befall der Rapspflanzen mit Stängelschädlingen am Standort Dahnsdorf wurde die unbehandelte Kontrolle ausgewählt, um die Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen der Standorte Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna vergleichen zu können.

##### **4.7.1. Standort Dahnsdorf, 2009**

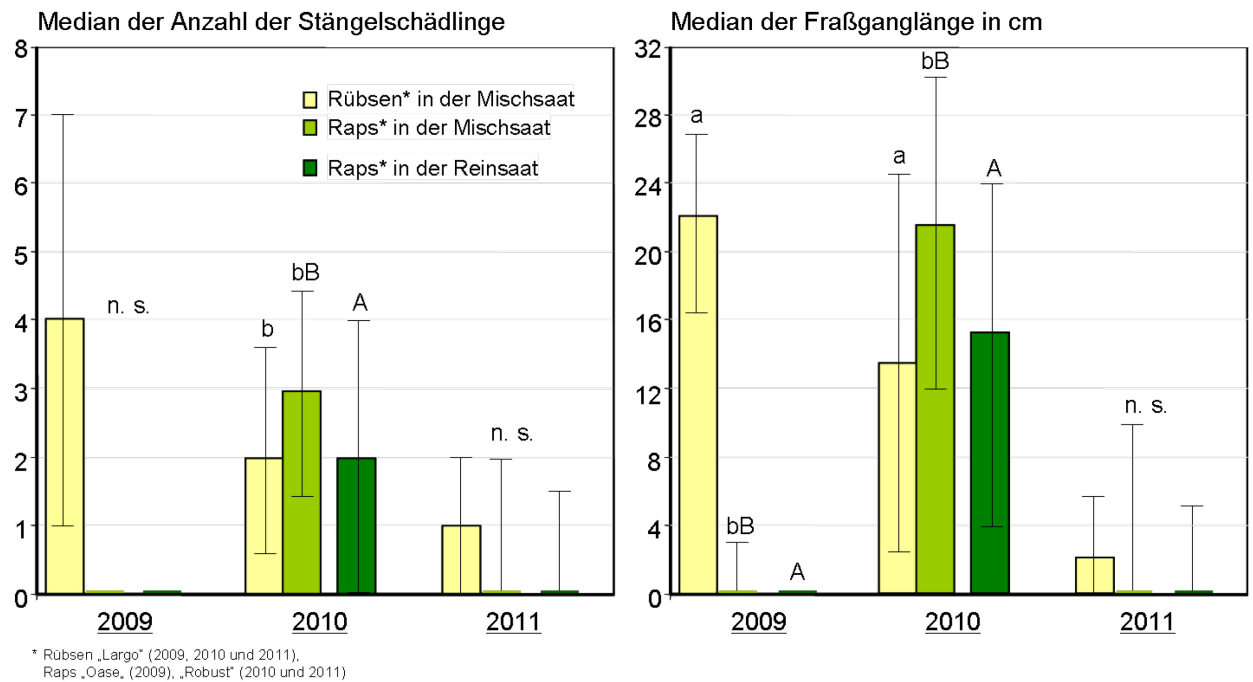
Im Jahr 2009 wurden über 80 % der Rübsenpflanzen von Stängelschädlingen befallen (Abb. 23, S. 84). Bei den Rapspflanzen fiel der Anteil befallener Pflanzen mit zumeist unter 40 % deutlich niedriger aus. Gegenüber dem Raps in der Mischsaat

war der Anteil befallener Pflanzen beim Raps in der Reinsaat mit unter 30 % noch niedriger. Berücksichtigt man den Befall der Haupttriebe mit Stängelschädlingen und legt die Pflanzendichte je  $\text{m}^2$  zugrunde, so ergibt sich ein Bild von der Abundanz der Stängelschädlinge je Flächeneinheit. Die Abundanz der Stängelschädlinge (bezogen auf den Median) je  $\text{m}^2$  lag in der Reinsaat betrug weniger als einen Stängelschädling, in der Mischsaat hingegen bei 38 Stängelschädlingen. Von den Stängelschädlingen in der Mischsaat befanden sich alle in den Rübsenpflanzen, womit sich zwischen den beiden Rapskulturen kein Unterschied bezüglich der Abundanz der Stängelschädlinge feststellen lassen konnte (Tab. 17, S. 88). Die Befallsstärke je Haupttrieb lag bei vier Larven im Rübsen und betrug weniger als eine Larve bei den Rapspflanzen beider Anbausysteme (Abb. 24, S. 87). Statistisch absichern ließen sich die Befallsunterschiede zwischen allen drei Kulturen nicht. Anders hingegen bei der Fraßganglänge: Hier ließ sich die stärkere Schädigung des Rübens (22 cm Fraßganglänge) gegenüber dem Raps in der Mischsaat (0 cm) statistisch absichern. Die stärkere Schädigung der Rübsenpflanzen führte allerdings nicht zu einer herabgesetzten Schädigung der Rapspflanzen in der Mischsaat verglichen mit denen in der Reinsaat. Im Gegenteil: Der Raps in der Mischsaat wurde sogar signifikant stärker durch die Larven der Stängelschädlinge geschädigt (höherer Wert des 75 % Quartils), wenn gleich der Unterschied zwischen den beiden Rapskulturen rein quantitativ zu vernachlässigen war (Abb. 24, S. 87).

#### **4.7.2. Standort Dahnsdorf, 2010**

Im Jahr 2010 wurden sowohl beim Rübsen als auch bei den Rapspflanzen („Robust“) beider Anbausysteme über 80 % der Pflanzen mit Stängelschädlingen befallen. Es wurde erkennbar, dass in der Mischsaat beim Raps mehr Pflanzen befallen waren als beim Rübsen und dass der Raps in der Mischsaat um etwa 10 Prozentpunkte mehr befallene Pflanzen aufwies als der Raps in der Reinsaat (Abb. 23, S. 84). Die Abundanz der Stängelschädlinge je  $\text{m}^2$  war in der Mischsaat mit 133 gegenüber 63 Rüsslern in der Reinsaat doppelt so hoch. Gegenüber dem Jahr 2009 befanden sich in der Mischsaat 80 % der 133 Käferlarven in den Rapspflanzen; der Rübsen hatte nur einen Anteil von knapp 20 %. Folglich wies der Raps in der Mischsaat eine deutlich höhere Abundanz der Stängelschädlinge im Vergleich zum Raps in der Reinsaat auf (Tab. 17, S. 88). Bezüglich der Befallsstärke mit Stängelschädlingen je Haupttrieb war in der Mischsaat der Rübsen mit zwei Larven





**Abbildung 24:** Einfluss des Rübsens auf den Befall der Haupttriebe der Rapspflanzen in der Misch- (MS) und der Reinsaat (RS) mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) und auf die Fraßganglänge je Haupttrieb zum Ende der Blüte in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. Dargestellt sind der Befall und die Fraßganglänge in der unbehandelten Kontrolle. Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, kleine Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, große Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps bzw. 40 (2009 & 2011), 80 (2010) beim Rübsen, Fehlerbalken: 25 % und 75 % Quartil.

weniger stark befallen als der Raps mit einem Befall von drei Larven, was sich statistisch jedoch nicht absichern ließ. Deutlich wurde in diesem Jahr der Befallsunterschied zwischen den Rapspflanzen im jeweiligen Anbausystem. Im Vergleich zu dem Raps in der Mischsaat war die Befallsstärke beim Raps in der Reinsaat mit einem Befall von zwei Larven signifikant um ein Drittel reduziert (Abb. 24). Bei der Schädigung der Stängel durch Fraßgänge wurden die Unterschiede zwischen den Kulturen noch deutlicher. Der Raps in der Mischsaat war mit 22 cm Fraßganglänge signifikant stärker geschädigt als der Rübsen (13 cm). Deutlich war auch der Unterschied zwischen den Rapspflanzen der beiden Anbausysteme. Der Raps in der Reinsaat wies mit 15 cm Fraßganglänge gegenüber 22 cm beim Raps in der Mischsaat eine signifikant geringere Schädigung auf (Abb. 24).

**Tabelle 17:** Abundanz der Stängelschädlinge je m<sup>2</sup> (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserrfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) (bezogen auf den Median) differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

| <u>Jahr</u>   | <u>Mischsaat</u> |              |                | <u>Reinsaat</u> |
|---------------|------------------|--------------|----------------|-----------------|
|               | <u>gesamt</u>    | <u>Raps*</u> | <u>Rübsen*</u> | <u>Raps*</u>    |
| <b>2009*</b>  | 38               | < 1          | 38             | < 1             |
| <b>2010**</b> | 133              | 111          | 22             | 63              |
| <b>2011**</b> | < 1              | < 1          | < 1            | < 1             |

\* Rübsen „Largo“, Raps „Oase“

\*\* Rübsen „Largo“, Raps „Robust“

#### 4.7.3. Standort Dahnsdorf, 2011

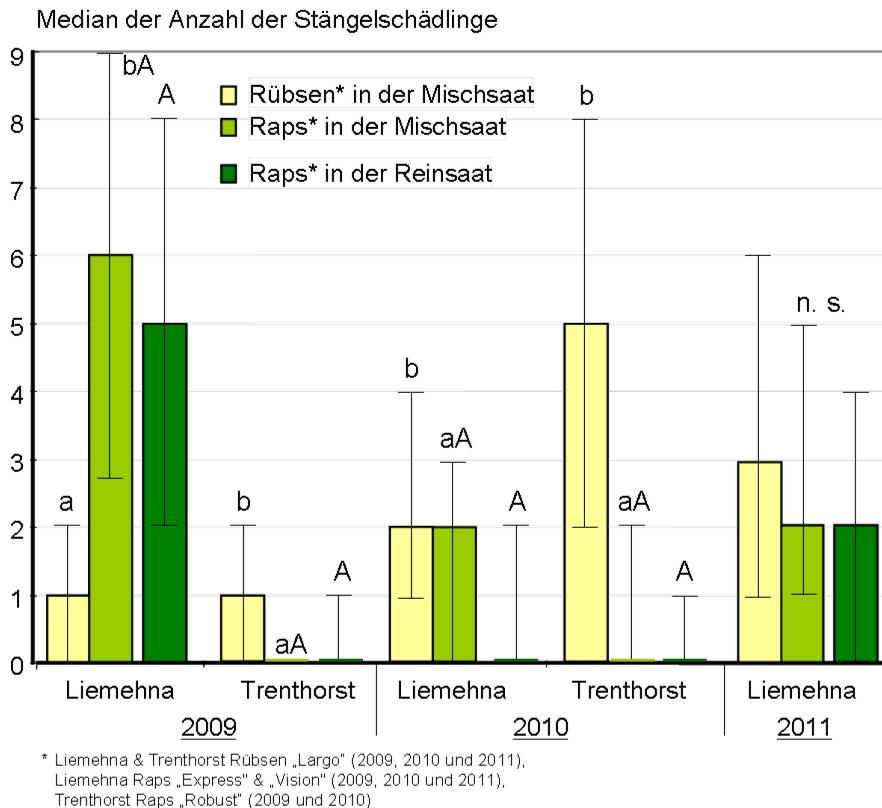
Im Jahr 2011 wurden in der Mischsaat 49 % der Rübsenpflanzen und 39 % der Rapspflanzen mit Stängelschädlingen befallen. Gegenüber den beiden vorangegangenen Versuchsjahren war der Anteil der befallenen Rapspflanzen in der Reinsaat verglichen mit dem Raps in der Mischsaat erhöht. Die Differenz betrug mit 44 % befallener Rapspflanzen in der Reinsaat fünf Prozentpunkte (Abb. 23, S. 84). Die Abundanz der Stängelschädlinge war mit ca. 4 Stängelschädlingen in diesem Versuchsjahr in der Mischsaat geringfügig höher als in der Reinsaat (Tab. 17). Die Befallsstärke der Haupttriebe mit Stängelschädlingen unterschied sich zwischen Raps und Rübsen in der Mischsaat statistisch nicht voneinander, der Rübsen war mit einer Larve je Haupttrieb tendenziell etwas stärker befallen. Zwischen den Rapspflanzen im jeweiligen Anbausystem ergab sich kein signifikanter Befallsunterschiede. Anhand der Quartilhöhe war ein tendenziell höherer Befall der Rapspflanzen in der Mischsaat erkennbar (Abb. 24, S. 87). Bezüglich der Schädigung der Haupttriebe durch Fraßgänge war in der Mischsaat zwischen Raps und Rübsen statistisch kein Unterschied nachweisbar. Wie bei der Befallsstärke war der Rübsen tendenziell etwas stärker mit Fraßgängen (2 cm) durchzogen als der Raps in der Mischsaat (< 1 cm). Der Vergleich der beiden Rapskulturen ergab keine statistisch absicherbaren Unterschiede. Ähnlich des Befalles mit Stängelschädlingen war anhand der Quartile eine tendenziell stärkere Schädigung der Rapspflanzen in der Mischsaat erkennbar (Abb. 24, S. 87).

#### 4.7.4. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009

Am Standort Liemehna waren 2009 nahezu alle Pflanzen in allen drei Kulturen mit Stängelschädlingen befallen. Der prozentuale Anteil befallener Pflanzen war beim Raps in der Mischsaat gegenüber dem Raps in der Reinsaat leicht erhöht

(Abb. 27, S. 93). Auch die Schädlingsabundanz war in der Mischsaat mit über 700 Rüsslern je m<sup>2</sup> um ein Drittel gegenüber der Reinsaat erhöht (Tab. 18, S. 93). Dies führte zu einer deutlich höheren Abundanz der Stängelschädlinge in dem Raps der Mischsaat gegenüber dem Raps in der Reinsaat. In Liemehna konnte 2009 eine Präferenz der Stängelschädlinge für den Rübsen nicht beobachtet werden. Ganz im Gegenteil: Der Rübsen wurde mit einer Larve je Haupttrieb signifikant weniger stark befallen als der Raps in der Mischsaat, dessen Befallsniveau bei sechs Larven je Haupttrieb lag. Zwischen dem Raps in der Misch- und dem in der Reinsaat ergab sich kein signifikanter Befallsunterschied. Tendenziell konnten beim Raps in der Mischsaat (sechs Larven) mehr Stängelschädlinge im Vergleich zu dem Raps in der Reinsaat (fünf Larven) vorgefunden werden (Abb. 25, S. 90). Der durch die Larven verursachte Schaden fiel am Standort Liemehna in der Mischsaat beim Rübsen mit etwa 13 cm Fraßganglänge signifikant niedriger aus als beim Raps (knapp 30 cm). Der Vergleich der Rapspflanzen in der Misch- mit denen in der Reinsaat erbrachte keinen signifikanten Unterschied des Schadausmaßes. Tendenziell war der Raps in der Mischsaat allerdings stärker (knapp 30 cm) mit Fraßgängen durchzogen als der Raps in der Reinsaat (ca. 25 cm) (Abb. 26, S. 92).

In Trenthorst waren nicht alle Pflanzen mit Stängelschädlingen befallen und zwischen den Kulturen ergaben sich größere Unterschiede. Den höchsten prozentualen Anteil befallener Pflanzen hatte der Rübsen mit fast 90 %. Bei den Rapskulturen wies der Raps in der Reinsaat mit 70 % einen über zehn Prozentpunkte höheren Anteil befallener Pflanzen im Vergleich zu dem Raps in der Mischsaat auf (Abb. 27, S. 93). Am Standort Trenthorst war die Abundanz der Stängelschädlinge mit vier Schädlingen in der Mischsaat, die sich alle in der Rübsenkultur befanden und unter einem Schädling in der Reinsaat deutlich niedriger als am Standort Liemehna (Tab. 18, S. 93). Übereinstimmend mit der deutlich niedrigeren Abundanz der Stängelschädlinge am Standort Trenthorst im Jahr 2009, wurde hier ein deutlich geringerer Befall mit Stängelschädlingen je Haupttrieb gegenüber dem Standort Liemehna festgestellt (Abb. 25, S. 90). In Trenthorst konnte trotz des niedrigen Befallsniveaus eine Präferenz der Stängelschädlinge für den Rübsen beobachtet werden. Der Rübsen unterschied sich mit einer Larve je Haupttrieb signifikant von dem Raps in der Mischsaat, der einen Befall nahe null auf-



**Abbildung 25:** Einfluss des Rübsens auf den Befall der Haupttriebe der Rapspflanzen in der Misch- (MS) und der Reinsaat (RS) mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) zum Ende der Blüte in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Lieme hna und Trenthorst (Großparzelle). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, kleine Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, große Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten, Fehlerbalken: 25 % und 75 % Quartil.

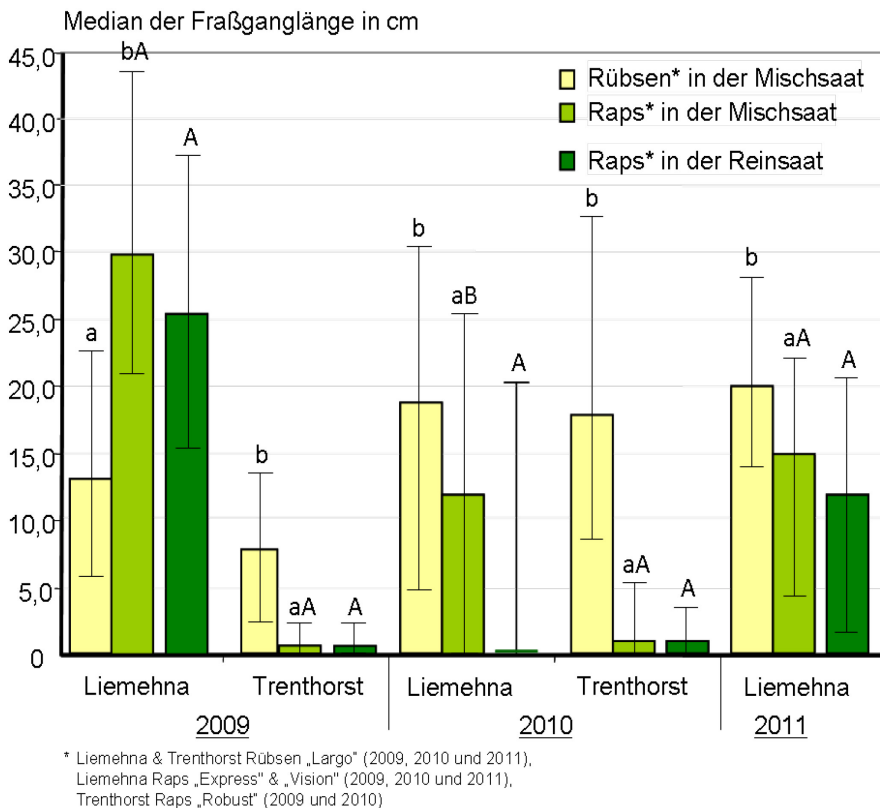
wies. Der Vergleich der Rapspflanzen in der Misch- mit denen in der Reinsaat erbrachte keinen signifikanten Befallsunterschied. Beide Rapskulturen wiesen einen Befall Nahe null auf. Die Fraßganglänge entsprach am Standort Trenthorst den Relationen des Stängelrüsslerbefalls (Abb. 26, S. 92). Der Rübsen wies in der Mischsaat mit 5 cm signifikant längere Fraßgänge gegenüber dem Raps in der Mischsaat (nahezu 0 cm) auf. Der Vergleich der Rapspflanzen in der Misch- mit denen in der Reinsaat erbrachte auch hier keinen signifikanten Unterschied. Bei beiden Rapskulturen lag das Ausmaß der Schädigung der Stängel bei nahezu 0 cm.

#### 4.7.5. Standorte Lieme hna und Trenthorst (Großparzelle), 2010

In diesem Jahr war der prozentuale Anteil befallener Pflanzen in Lieme hna gegenüber dem Vorjahr deutlich reduziert (Abb. 27, S. 93). Der Rübsen wies mit über 80 % den höchsten Anteil auf. Der Raps in der Mischsaat wies einen um 20 Prozentpunkte höheren Anteil befallener Pflanzen gegenüber dem Raps in der Reinsaat auf

(47 %). Die Abundanz der Stängelschädlinge war im Unterschied zu 2009 deutlich reduziert. In der Mischsaat befanden sich mit 46 Larven deutlich mehr Schädlinge als in der Reinsaat (weniger als eine Larve). Ein Drittel der Stängelschädlinge in der Mischsaat befand sich in den Haupttrieben des Rübens. Dies bedeutet, dass sich je  $\text{m}^2$  34 Larven in den Stängeln der Rapspflanzen in der Mischsaat befanden, wohingegen weniger als eine Larve je  $\text{m}^2$  in der Raps-Reinsaat vorhanden war (Tab. 18, S. 93). In Liemehna war der Befall mit Stängelschädlingen im Vergleich zu 2009 deutlich niedriger. Im Gegensatz zu 2009 wurden in der Mischsaat die Haupttriebe des Rübens signifikant stärker befallen als die des Rapses. Zwar wiesen beide Kulturen einen gleich starken Befall von zwei Larven auf, der Rüben wies allerdings für das 75 % Quartil stärkere Abweichung nach oben hin auf. Ebenfalls statistisch nachgewiesen werden konnte in diesem Jahr ein stärkerer Befall der Rapspflanzen in der Mischsaat gegenüber denen in der Reinsaat (nahezu keine Larven) (Abb. 25, S. 90). Gleiche Relationen galten für die Fraßganglänge: In der Mischsaat wurde der Rüben mit ca. 19 cm Fraßganglänge signifikant stärker geschädigt als der Raps in der Mischsaat (ca. 12 cm). Der Raps in der Mischsaat wiederum wurde deutlich und signifikant stärker geschädigt als der Raps in der Reinsaat (nahezu 0 cm) (Abb. 26, S. 92).

Am Standort Trenthorst waren deutlich mehr Pflanzen als 2009 befallen und auch gegenüber dem Standort Liemehna fiel der prozentuale Anteil befallener Pflanzen höher aus. In Trenthorst wurden alle Rübenpflanzen mit Stängelrüsslern befallen. Der Anteil befallener Pflanzen war beim Raps in der Mischsaat etwas gegenüber dem Raps in der Reinsaat (70 %) erhöht (Abb. 27, S. 93). Unterschiede zwischen den beiden Standorten zeigten sich auch für die Abundanz der Stängelschädlinge. Die Abundanz der Stängelschädlinge war mit 25 Larven in der Mischsaat, von denen sich alle in den Stängeln des Rübens befanden, im Vergleich zu 2009 erhöht. In der Reinsaat hingegen lag die Abundanz der Stängelschädlinge je  $\text{m}^2$  weiterhin bei unter einer Larve, womit sich zwischen den beiden Rapskulturen keine Unterschiede ergaben (Tab. 18, S. 93). Der Befall mit Stängelschädlingen je Haupttrieb war in Trenthorst deutlich gegenüber 2009 erhöht und auch etwas höher als am Standort Liemehna. Wie bereits im Jahr 2009 konnte in Trenthorst in der Mischsaat eine deutliche Präferenz der Stängelschädlinge für den Rüben nachge-



**Abbildung 26:** Einfluss des Rübsens auf die Fraßganglänge je Haupttrieb der Rapspflanzen in der Misch- (MS) und der Reinsaat (RS) zum Ende der Blüte in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehe und Trenthorst (Großparzelle). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , kleine Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, große Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten, Fehlerbalken: 25 % und 75 % Quartil.

wiesen werden. Der Rübsen war mit fünf Larven signifikant stärker befallen als der Raps (nahezu keine Larven). Zwischen den beiden Rapskulturen ergaben sich keine statistisch nachweisbaren Unterschiede (Abb. 25, S. 90). Das Schadausmaß durch Fraßgänge entsprach genau den Relationen der Befallsstärke: Der Rübsen wurde mit ca. 18 cm Fraßganglänge neunmal so stark geschädigt wie der Raps in der Mischsaat (ca. 2 cm). Dies konnte statistisch abgesichert werden. Die beiden Rapskulturen zeigten keine signifikanten Unterschiede (Abb. 26).

#### 4.7.6. Standort Liemehe, 2011

In diesem Versuchsjahr entsprach in Liemehe der prozentuale Anteil der mit Stängelschädlingen befallenen Pflanzen mit etwa 60 % im Mittel dem vorherigen Versuchsjahr. Gegenüber dem Vorjahr unterschieden sich die einzelnen Kulturen im Jahr 2011 jedoch weniger deutlich voneinander. In der Mischsaat wies der Rübsen mit 65 % mehr befallene Haupttriebe gegenüber dem Raps (ca. 60 %) auf. Der Anteil befallener Pflanzen lag, verglichen mit dem Raps in der Mischsaat, beim Raps in der

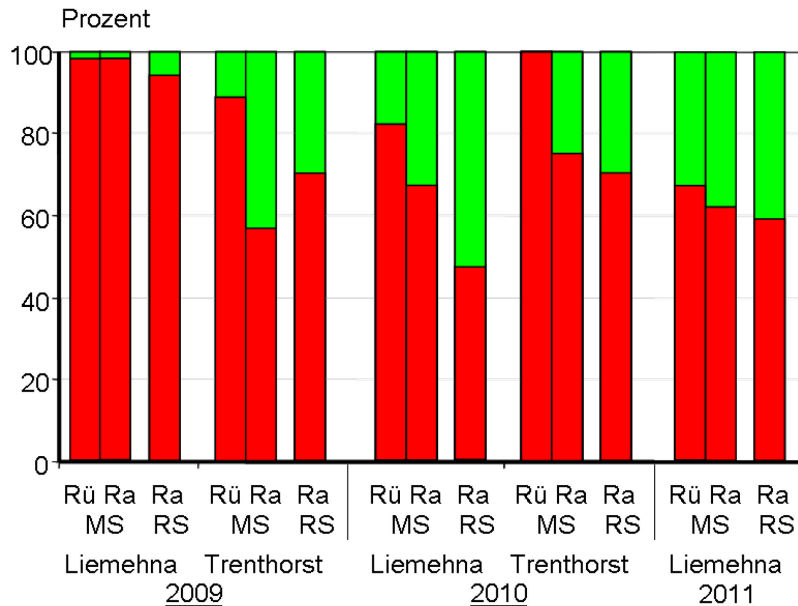
**Tabelle 18:** Abundanz der Stängelschädlinge je m<sup>2</sup> (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) (bezogen auf den Median) differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle).

| Liemehna |           |       |         |          | Trenthorst |           |       |         |          |
|----------|-----------|-------|---------|----------|------------|-----------|-------|---------|----------|
| Jahr     | Mischsaat |       |         | Reinsaat | Jahr       | Mischsaat |       |         | Reinsaat |
|          | gesamt    | Raps* | Rübsen* | Raps*    |            | gesamt    | Raps* | Rübsen* | Raps*    |
| 2009*    | 706       | 702   | 4       | 525      | 2009*      | 4         | < 1   | 4       | < 1      |
| 2010*    | 46        | 34    | 12      | < 1      | 2010*      | 25        | < 1   | 25      | < 1      |
| 2011*    | 119       | 104   | 15      | 93       |            |           |       |         |          |

\* Rübsen „Largo“, Raps „Express“ & „Vision“

\* Rübsen „Largo“, Raps „Robust“

Reinsaat mit unter 60 % etwas niedriger (Abb. 27). Die Abundanz der Stängelschädlinge war in der Mischsaat mit 119 Individuen um etwa ein Drittel im Vergleich zu 93 Individuen in der Reinsaat erhöht. Der überwiegende Teil der Stängelschädlinge befand sich in der Mischsaat in den Haupttrieben der Rapspflanzen, so dass die Abundanz der Stängelschädlinge, bezogen auf die Rapspflanzen, in der Mischsaat mit 104 gegenüber 93 in der Reinsaat leicht erhöht war (Tab. 18). Der Befall mit Stängelrüsslern je Haupttrieb war in Liemehna gegenüber 2010 leicht erhöht. In der Mischsaat war der Rübsen mit drei Larven



**Abbildung 27:** Relativer Anteil der befallsfreien Haupttriebe (grün) und der mit Stängelschädlingen (Großer Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), Gefleckter Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) kumuliert) befallenen Haupttriebe (rot), differenziert nach Rübsen in der Mischsaat (Rü MS), Raps in der Mischsaat (Ra MS) und Raps in der Reinsaat (Ra RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle). n = 4 je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten.

stärker befallen als der Raps mit zwei Larven. Dies ließ sich statistisch jedoch nicht absichern. Die beiden Rapskulturen wiesen einen gleich starken Befall auf. Der Raps in der Mischsaat wies gegenüber dem Raps in der Reinsaat für das 75 % Quartil eine höhere Schwankung nach oben auf, so dass hier ein tendenzieller Mehrbefall mit Stängelschädlingen erkennbar wurde (Abb. 25, S. 90). Bei der Fraßganglänge war in der Mischsaat der Rübsen mit knapp 20 cm signifikant stärker geschädigt als der Raps (15 cm). Die beiden Rapskulturen unterschieden sich nicht signifikant voneinander, dennoch wies der Raps in der Mischsaat etwa 2 cm längere Fraßgänge auf (Abb. 26, S. 92).

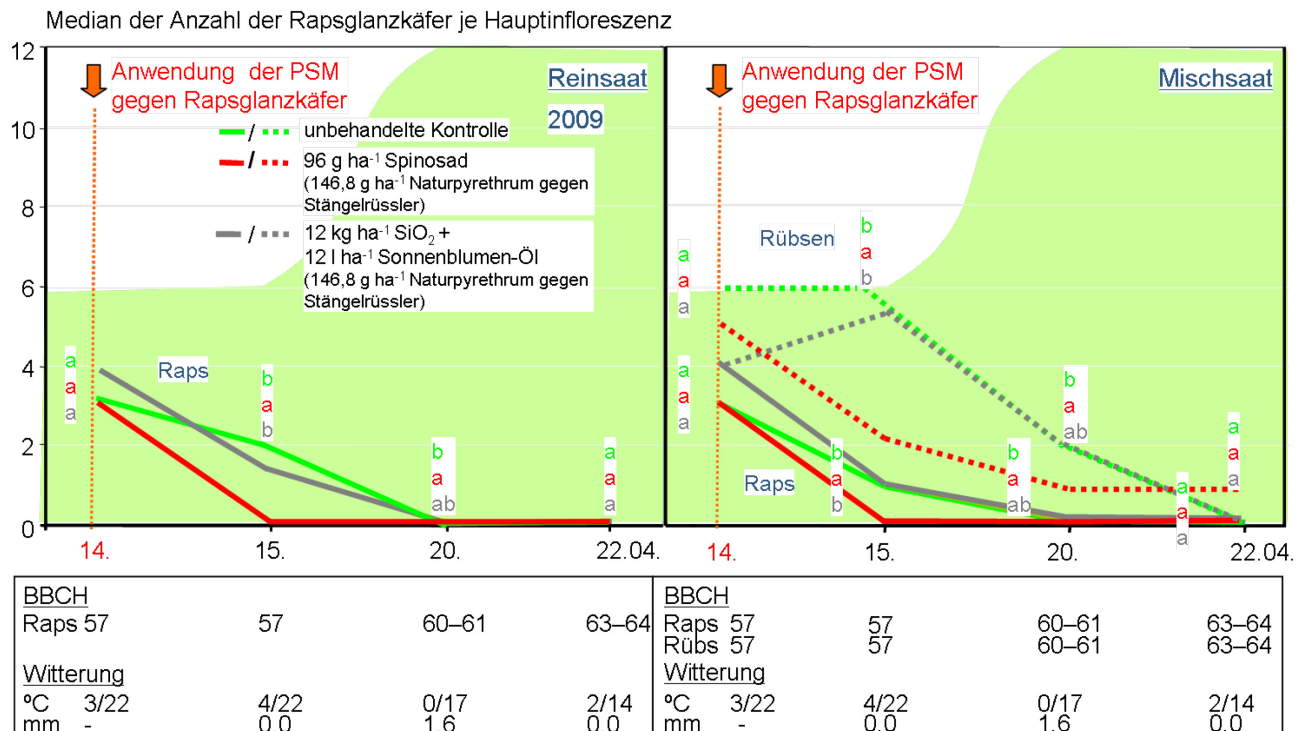
#### **4.8. Regulierung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.) durch Pflanzenschutzmittel**

Bei der Präsentation der Ergebnisse zur Regulierung des Rapsglanzkäfers mit Pflanzenschutzmitteln werden nur die Ergebnisse von Variante 1, 3 und 4 verglichen. Auf die Darstellung von Variante 2 wird verzichtet, da in dieser nur die Anwendung gegen die Stängelrüssler erfolgte. Zwar war zum Zeitpunkt der Applikation eine Einflugaktivität der Rapsglanzkäfer zu verzeichnen, so dass ein unmittelbarer Einfluss auf die Käfer nicht ausgeschlossen werden konnte. Die Anwendung von Variante 3 und 4 gegen die Rapsglanzkäfer erfolgte jedoch frühestens elf Tage nach der Anwendung von Variante 2. Nach dieser Zeitspanne war der Einfluss von Variante 2 auf die Rapsglanzkäfer auszuschließen, womit sich eine graphische Darstellung erübrigt.

##### **4.8.1. Standort Dahnsdorf, 2009**

Die Anwendung der Pflanzenschutzmittel erfolgte am Standort Dahnsdorf am 14. April 2009 im Stadium BBCH 57. Damit fiel sie in die Hauptzuflugsphase der Rapsglanzkäfer (Abb. 18, S. 73). Auf den Knospenständen der Hauptinfloreszenzen der Rapspflanzen wurden zum Zeitpunkt der Anwendung zwischen drei und vier Rapsglanzkäfer gezählt. Damit war der Befall unter der Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Auf den Rübsenpflanzen wurden zum Zeitpunkt der Anwendung zwischen vier in der Variante 4 (SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl) und sechs Käfern in der Variante 1 (unbehandelt) gezählt. Von den getesteten Pflanzenschutzmitteln bewirkte Spinosad (Var. 3) den deutlichsten Rückgang der Käferzahlen. Bereits einen Tag nach Anwendung kam es in der Spinosad-Variante





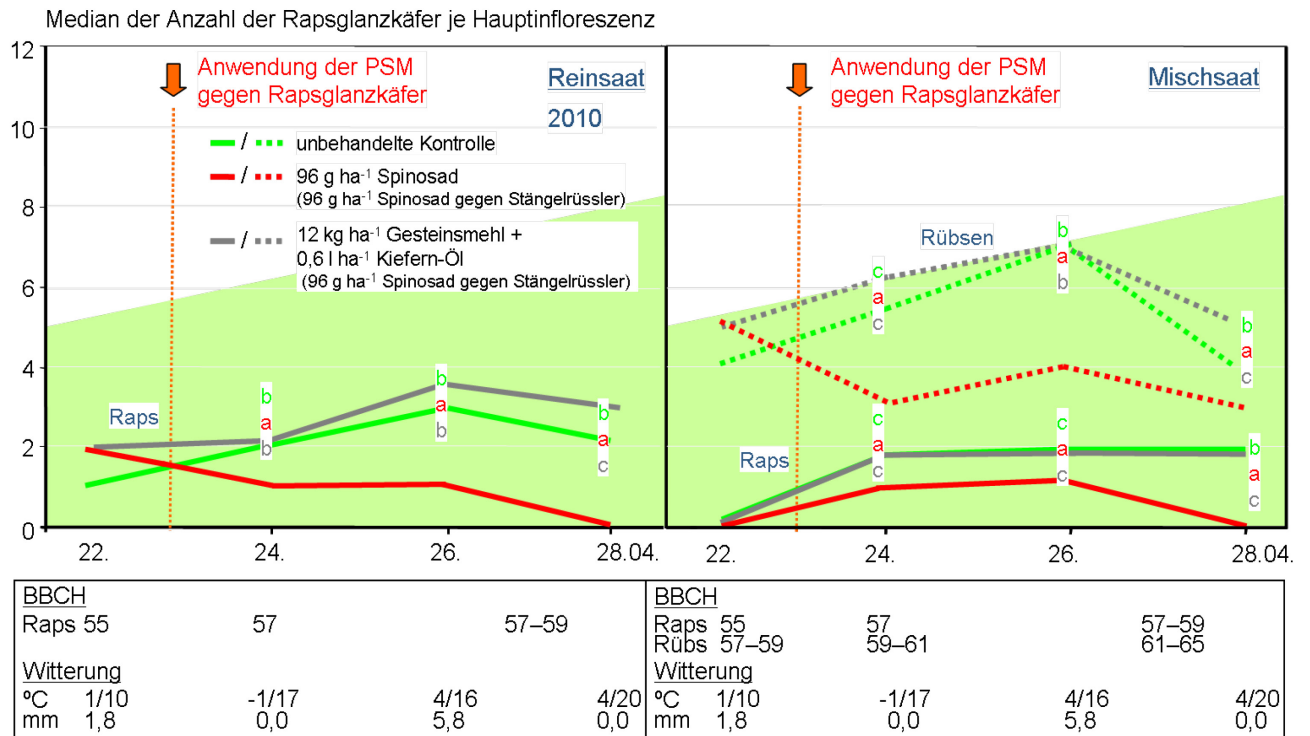
**Abbildung 28:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittel- und Kulturvariante am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2009. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH Hessen, 2011). Links Raps-Reinsaat, rechts Raps-Rübsen-Mischsaat (gepunktete Linie: Rübsen, durchgehende Linie: Raps). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ,  $n = 4$  je Variante und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps und 40 beim Rübsen, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen (Wetterstation Versuchsfeld), PSM = Pflanzenschutzmittel).

zu einer signifikanten Abnahme der Rapsglanzkäfer von ca. drei auf fast null Käfer in den Rapskulturen und von fünf auf unter zwei Käfer auf den Rübsenknospen (Abb. 28). Dies entsprach Wirkungsgraden zwischen 100 % und knapp 60 % (Tab. 19, S. 100), womit sich die Spinosad-Variante einen Tag nach Anwendung in allen drei Kulturen nicht nur signifikant von der unbehandelten Kontrolle (Var. 1), sondern auch von der SiO<sub>2</sub>-/Sonnenblumenöl-Variante (Var. 4) unterschied. In dieser Variante betrug der Wirkungsgrad nur zwischen 0 % und ca. 25 %. Die kumulativen Insektentage wurden einen Tag nach Applikation in der Spinosad Variante (Var. 3) um bis zu einem Drittel gegenüber allen übrigen Varianten reduziert. Die SiO<sub>2</sub>-/Sonnenblumenöl-Variante (Var. 4) unterschied sich nur in der Rübsenkultur durch eine etwa 20-prozentige Herabsetzung der Insektentage. In den Rapskulturen war keine Herabsetzung der Insektentage erkennbar. An den Pflanzen war die SiO<sub>2</sub> Anwendung kaum sichtbar. Sowohl die anhaftende Menge an den Knospen als auch

deren Benetzung war sehr gering (Abb. 31, S. 100). Innerhalb der nächsten fünf Tage kam es bei einem Rückgang der Tagestemperaturen und minimalen Niederschlagsereignissen (gesamt 1,6 mm) zum Einsetzen der Blüte. In den Rapskulturen pendelten sich alle Varianten auf ein Befallsniveau von fast null Käfern ein. In der Rübsenkultur war sechs Tage nach erfolgter Anwendung die insektizide Wirkung von Spinosad (Var. 3) weiterhin deutlich erkennbar: Der Wirkungsgrad erreichte bei Spinosad 50 %, bei der SiO<sub>2</sub>-/Sonnenblumenöl-Variante (Var. 4) hingegen war eine Wirkung nicht mehr nachzuweisen. Acht Tage nach Anwendung konnte auch beim Rübsen zwischen den Varianten kein Unterschied mehr festgestellt werden, der Befall ging in allen Varianten auf fast null Käfer zurück. Die kumulativen Insektentage wiesen zum Ende des Boniturzeitraumes deutliche Unterschiede zwischen den Varianten auf. In der Spinosad Variante (Var. 3) wurden etwa vier bis fünf Tage in den Rapskulturen und 17 Tage in der Rübsenkultur errechnet, womit die Insektentage in der Spinosad Behandlung bis zu 65 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) reduziert wurden. In der SiO<sub>2</sub>-/Sonnenblumenöl-Variante (Var. 4) war nur eine maximale Reduktion von 20 % zu erkennen (Tab. 20, S. 101).

#### **4.8.2. Standort Dahnsdorf, 2010**

Die Anwendung der Pflanzenschutzmittel fand im Jahr 2010 am 23. April statt. Der Raps befand sich zu diesem Zeitpunkt im Stadium BBCH 55, der Rübsen in BBCH 57 bis 59. Auf eine Anwendung zum Zeitpunkt des Flughöhepunktes (19. April) musste 2010 wegen des sich an den Flughöhepunkt anschließenden, kühlen und feuchten Witterungsabschnittes verzichtet werden. Unmittelbar vor der Anwendung wurden ca. zwei Rapsglanzkäfer auf den Knospen der Rapspflanzen in der Reinsaat, ca. ein Käfer auf den Knospen der Rapspflanzen in der Mischsaat und zwischen vier (Variante 3, Spinosad) und etwa fünf Käfern (Variante 4, Kaolin) auf den Knospen des Rübens gezählt. Damit war der Befall unter der Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Einen Tag nach erfolgter Anwendung konnte in der Variante 3 (Spinosad) beim Raps in der Reinsaat und beim Rübsen eine signifikante Abnahme der Rapsglanzkäferzahlen beobachtet werden (Abb. 29, S. 97). Damit unterschied sich diese Variante einen Tag nach Anwendung signifikant von den übrigen Varianten und wies einen Wir-



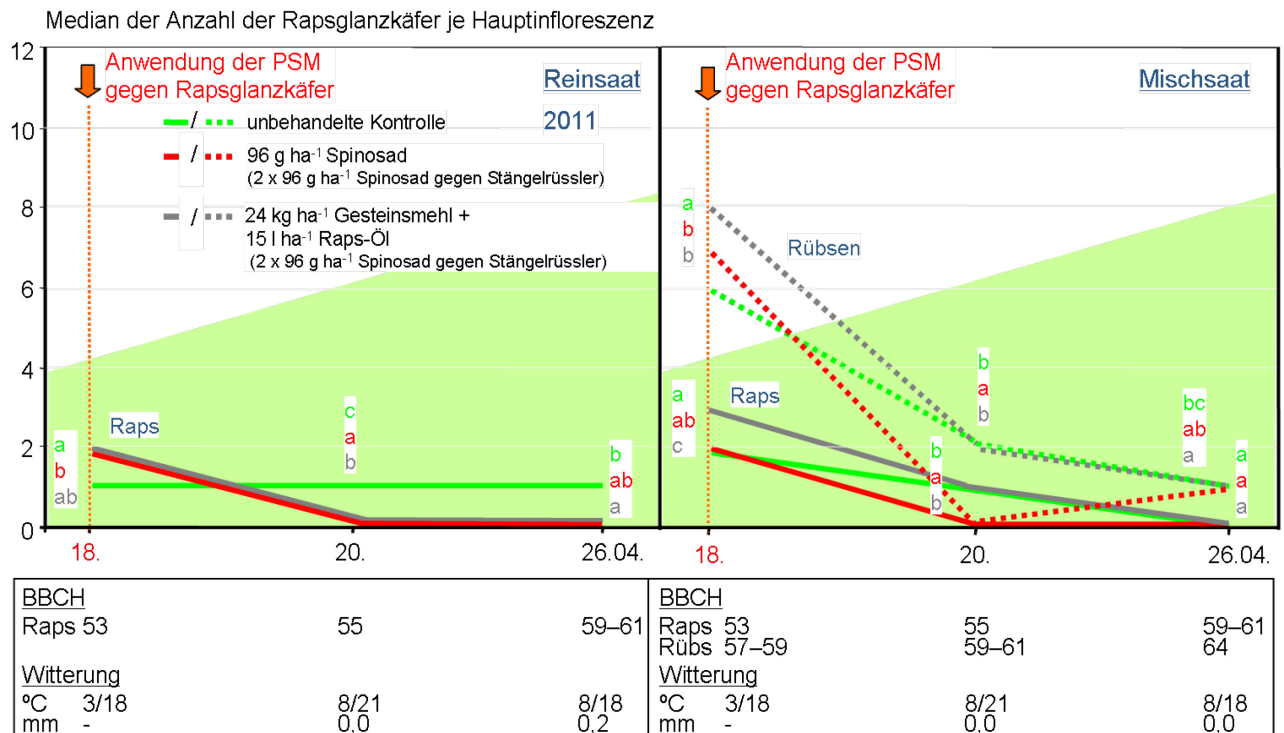
**Abbildung 29:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittel- und Kulturvariante am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2010. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Links Raps-Reinsaat, rechts Raps-Rübsen-Mischsaat (gepunktete Linie: Rübsen, durchgehende Linie: Raps). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ,  $n = 4$  je Variante und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps und beim Rübsen, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen (Wetterstation Versuchsfeld), PSM = Pflanzenschutzmittel).

kungsgrad zwischen 45 % und 50 % auf (Tab. 19, S. 100). Die Anwendung des Kaolins (Var. 4) hingegen bewirkte keine Reduktion der Käferzahlen, im Gegenteil: in der Kaolin-Variante kam es, wie in der unbehandelten Kontrolle (Var. 1), zu stagnierenden oder gar zunehmenden Käferzahlen, eine regulierende Wirkung war damit nicht feststellbar. Die Menge der anhaftenden Kaolin-Partikel und die Benetzung der Knospen war im Unterschied zum Vorjahr nochmals herabgesetzt. Rein optisch war die Anwendung an den Pflanzen praktisch nicht erkennbar (Abb. 31, S. 100). In den folgenden zwei Tagen fielen Niederschläge von knapp 6 mm. In der Kaolin-Variante (Var. 4) kam es, insbesondere auf den Rübsen- und den Rapsknospenständen in der Reinsaat, zu einer weiteren, signifikanten Zunahme der Rapsglanzkäferzahlen, die nahezu parallel zu der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) verlief, so dass der Wirkungsgrad der Kaolin-Variante (Var. 4) zwischen 0 % und - 16 % schwankte. Im Gegensatz dazu stagnierte in der Spinosad-Variante

(Var. 3) der Käferbesatz oder nahm nur minimal zu. Damit unterschied sich Spinosad drei Tage nach Anwendung signifikant von den übrigen drei Varianten; der Wirkungsgrad von Spinosad betrug zwischen 42,9 % und 66,6 %. Auch anhand der kumulativen Insektentage war dieser Sachverhalt deutlich erkennbar. In der Spinosad Variante waren diese mit 2,8 bzw. 4,1 Tagen im Raps und 13,5 Tagen im Rübsen um bis zu 50 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) reduziert (Tab. 20, S. 101). Im weiteren Zeitverlauf kam es in allen Varianten zu einer überwiegend signifikanten Abnahme der Käferzahlen. Fünf Tage nach Anwendung wies die Spinosad-Variante weiterhin den signifikant niedrigsten Käferbefall gegenüber den übrigen Varianten auf. Dies wurde anhand der Wirkungsgrade zwischen 25 % und 100 % deutlich, wohingegen die Kaolin-Variante weiter deutlich negative Wirkungsgrade bis - 50 % aufwies. Die Anzahl kumulativer Insektentage war in der Spinosad-Variante (Var. 3) zwischen etwa 30 % und 50 % reduziert, während bei der Kaolin-Variante (Var. 4) kein Unterschied zu der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) erkennbar wurde.

#### **4.8.3. Standort Dahnsdorf, 2011**

Die Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer fand 2011 am 18. April statt und fiel in die Hauptzuflugsphase der Käfer. Der Raps befand sich zum Zeitpunkt der Anwendung im Stadium BBCH 53 (Reinsaat) bzw. 57 (Mischsaat), der Rübsen in BBCH 57 bis 59. Mit einem Befall von etwa zwei bis drei Käfern je Hauptinfloreszenz wurde, wie bereits in den beiden Vorjahren, die Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011) nicht erreicht. Zwei Tage nach erfolgter Anwendung konnte bei den Kulturen in der Mischsaat für alle Varianten, einschließlich der unbehandelten Kontrolle (Var. 1), eine signifikante Abnahme der Käferzahlen beobachtet werden. Die Spinosad-Variante (Var. 3) unterschied sich dennoch sowohl signifikant von der Kaolin-Variante (Var. 4) als auch von der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) (Abb. 30, S. 99). Der Wirkungsgrad von Spinosad betrug zwei Tage nach Anwendung 100 %, beim Kaolin war keine Wirkung zu erkennen (Tab. 19, S. 100). In der Reinsaat kam es nur in den beiden Behandlungsvarianten zu einer signifikanten Abnahme der Käferzahlen, die sich somit beide signifikant von der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) unterschieden. Der Wirkungsgrad war in beiden Behandlungsvarianten mit 100 % identisch. Im Gegen-



**Abbildung 30:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittel- und Kulturvariante am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2011. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Links Raps-Reinsaat, rechts Raps-Rübsen-Mischsaat (gepunktete Linie: Rübsen, durchgehende Linie: Raps). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ,  $n = 4$  je Variante und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps und 170 bis 200 beim Rübsen, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen (Wetterstation Versuchsfeld), PSM = Pflanzenschutzmittel).

satz zu den Jahren 2009 und 2010 war auf den Pflanzen deutlich ein gleichmäßiger Gesteinsmehlfilm zu erkennen (Abb. 31, S. 100). Acht Tage nach Anwendung glichen sich in der Mischsaat bei beginnender Blüte die Befallswerte der Varianten an. In der Reinsaat weiterhin ein Wirkungsgrad von 100 % in den beiden Behandlungsvarianten feststellbar. Die Reinsaat war die einzige Kultur, in der die kumulativen Insektentage von Spinosad (Var. 3) und Kaolin (Var. 4) mit zwei Tagen identisch waren und um 75 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) herabgesetzt werden konnten. In den beiden Kulturen der Mischsaat war in der Kaolin-Variante kein Effekt erkennbar, während die Spinosad-Applikation eine Reduzierung der Insektentage um bis zu 66 % nach sich zog (Tab. 20, S. 101). Nicht dargestellt, aber dennoch erwähnenswert, war eine zu Flugbeginn der Rapsglanzkäfer

**Tabelle 19:** Wirkungsgrad der am Versuchsstandort Dahnsdorf angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung (d = Tag), differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS) und Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011.

2009: Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

2010: Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

2011: Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer).

| <u>2009*</u>   | <u>15.04. (+1d)</u> | <u>20.04. (+6d)</u> | <u>22.04. (+8d)</u> | <u>2011**</u>                    | <u>20.04. (+2d)</u> | <u>26.04. (+8d)</u> |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| <u>Rübsen</u>  |                     |                     |                     | <u>Rübsen</u>                    |                     |                     |
| Var. 3         | 58,3 %              | 50,0 %              | 0,0 %               | Var. 3                           | 100,0 %             | 0,0 %               |
| Var. 4         | 8,3 %               | 0,0 %               | 0,0 %               | Var. 4                           | 0,0 %               | 0,0 %               |
| <u>Raps MS</u> |                     |                     |                     | <u>Raps MS</u>                   |                     |                     |
| Var. 3         | 100,0 %             | 0,0 %               | 0,0 %               | Var. 3                           | 100,0 %             | 0,0 %               |
| Var. 4         | 0,0 %               | 0,0 %               | 0,0 %               | Var. 4                           | 0,0 %               | 0,0 %               |
| <u>Raps RS</u> |                     |                     |                     | <u>Raps RS</u>                   |                     |                     |
| Var. 3         | 100,0 %             | 0,0 %               | 0,0 %               | Var. 3                           | 100,0 %             | 100,0 %             |
| Var. 4         | 25,0 %              | 0,0 %               | 0,0 %               | Var. 4                           | 100,0 %             | 100,0 %             |
| <u>2010**</u>  | <u>24.04. (+1d)</u> | <u>26.04. (+3d)</u> | <u>28.04. (+5d)</u> | * Rübsen „Largo“, Raps „Oase“    |                     |                     |
| <u>Rübsen</u>  |                     |                     |                     | ** Rübsen „Largo“, Raps „Robust“ |                     |                     |
| Var. 3         | 45,5 %              | 42,9 %              | 25,0 %              |                                  |                     |                     |
| Var. 4         | -9,0 %              | 0,0 %               | -25,0 %             |                                  |                     |                     |
| <u>Raps MS</u> |                     |                     |                     |                                  |                     |                     |
| Var. 3         | 50,0 %              | 50,0 %              | 100,0 %             |                                  |                     |                     |
| Var. 4         | 0,0 %               | 0,0 %               | 0,0 %               |                                  |                     |                     |
| <u>Raps RS</u> |                     |                     |                     |                                  |                     |                     |
| Var. 3         | 50,0 %              | 66,6 %              | 100,0 %             |                                  |                     |                     |
| Var. 4         | 0,0 %               | -16,6 %             | -50,0 %             |                                  |                     |                     |



**Abbildung 31:** Rapspflanzen am Versuchsstandort Dahnsdorf nach der Anwendung von 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> mit 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (a), 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) mit 0,6 l ha<sup>-1</sup> Kiefernöl (b) und 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) mit 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (c und d).

**Tabelle 20:** Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung (d = Tag), differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS) und Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

**2009:** Var. 1 = u. K., Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler);

96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

**2010:** Var. 1 = u. K., Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

**2011:** Var. 1 = u. K., Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer).

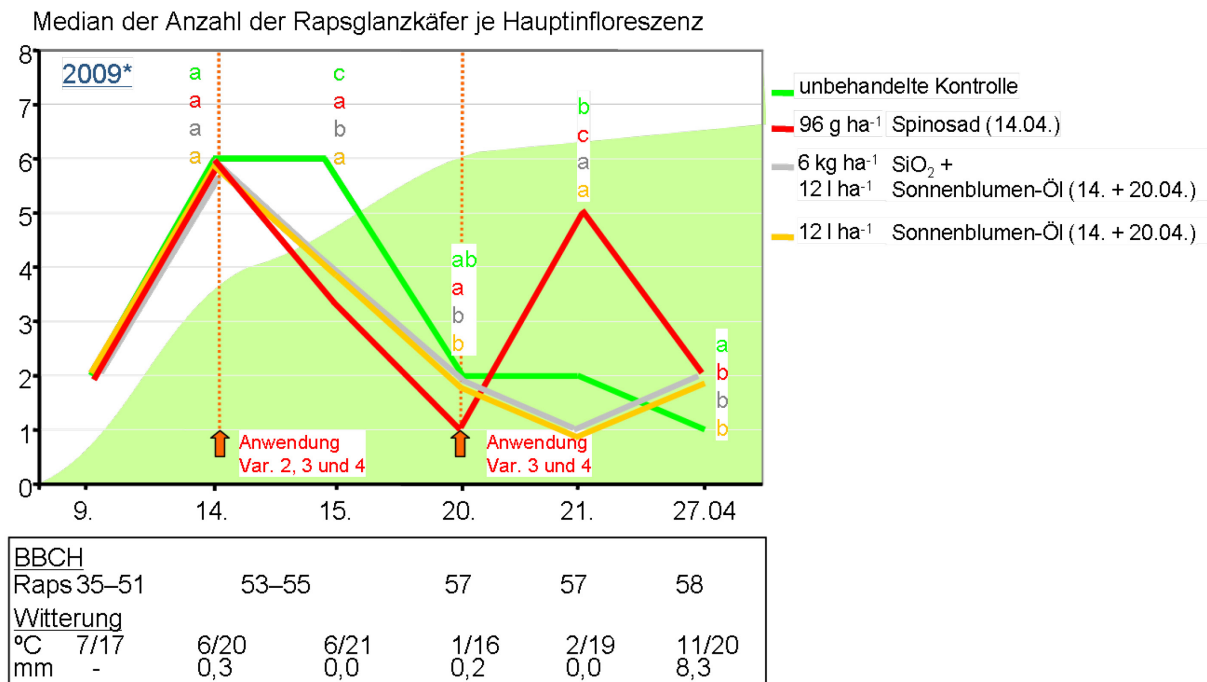
| <b>2009*</b>          | <b>15.04. (+1d)</b> | <b>20.04. (+6d)</b> | <b>22.04. (+8d)</b> | <b>2011**</b>                    | <b>20.04. (+2d)</b> | <b>26.04. (+8d)</b> |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b><u>Rübsen</u></b>  |                     |                     |                     | <b><u>Rübsen</u></b>             |                     |                     |
| <b>Var. 1</b>         | 7,0                 | 31,3                | 35,0                | <b>Var. 1</b>                    | 8,0                 | 17,0                |
| <b>Var. 3</b>         | 4,8                 | 14,6                | 17,2                | <b>Var. 3</b>                    | 7,0                 | 10,0                |
| <b>Var. 4</b>         | 5,5                 | 25,1                | 28,3                | <b>Var. 4</b>                    | 10,0                | 19,0                |
| <b><u>Raps MS</u></b> |                     |                     |                     | <b><u>Raps MS</u></b>            |                     |                     |
| <b>Var. 1</b>         | 2,6                 | 8,3                 | 9,4                 | <b>Var. 1</b>                    | 3,0                 | 6,0                 |
| <b>Var. 3</b>         | 2,1                 | 3,7                 | 4,3                 | <b>Var. 3</b>                    | 2,0                 | 2,0                 |
| <b>Var. 4</b>         | 2,9                 | 8,5                 | 9,5                 | <b>Var. 4</b>                    | 4,0                 | 7,0                 |
| <b><u>Raps RS</u></b> |                     |                     |                     | <b><u>Raps RS</u></b>            |                     |                     |
| <b>Var. 1</b>         | 3,0                 | 10,6                | 12,2                | <b>Var. 1</b>                    | 2,0                 | 8,0                 |
| <b>Var. 3</b>         | 2,0                 | 4,0                 | 5,2                 | <b>Var. 3</b>                    | 2,0                 | 2,0                 |
| <b>Var. 4</b>         | 3,0                 | 10,0                | 11,9                | <b>Var. 4</b>                    | 2,0                 | 2,0                 |
| <b>2010**</b>         | <b>24.04. (+1d)</b> | <b>26.04. (+3d)</b> | <b>28.04. (+5d)</b> | * Rübsen „Largo“, Raps „Oase“    |                     |                     |
| <b><u>Rübsen</u></b>  |                     |                     |                     | ** Rübsen „Largo“, Raps „Robust“ |                     |                     |
| <b>Var. 1</b>         | 5,2                 | 18,4                | 30,0                |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 3</b>         | 4,7                 | 13,5                | 21,0                |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 4</b>         | 5,8                 | 18,7                | 30,2                |                                  |                     |                     |
| <b><u>Raps MS</u></b> |                     |                     |                     |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 1</b>         | 1,2                 | 5,4                 | 9,5                 |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 3</b>         | 0,9                 | 2,8                 | 4,4                 |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 4</b>         | 1,3                 | 5,3                 | 9,4                 |                                  |                     |                     |
| <b><u>Raps RS</u></b> |                     |                     |                     |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 1</b>         | 1,8                 | 7,5                 | 13,4                |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 3</b>         | 1,3                 | 4,1                 | 6,5                 |                                  |                     |                     |
| <b>Var. 4</b>         | 2,0                 | 8,0                 | 14,4                |                                  |                     |                     |

bis fast zum 11. April signifikant reduzierte Rapsglanzkäferzahl in den Varianten 2 bis 4 gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Var. 1). In diesen Varianten wurden am 02. April 0,2 l ha<sup>-1</sup> Spinosad zur Regulierung der Stängelrüssler appliziert.

#### 4.8.4. Standort Trenthorst (Blockanlage), 2009

Die erste Anwendung der Pflanzenschutzmittel fand am Standort Trenthorst am 14. April 2009 im Stadium BBCH 53 bis 55 statt. Der Zeitraum war durch eine zunehmende Flugaktivität der Rapsglanzkäfer gekennzeichnet. Auf den Knospenständen der Hauptinfloreszenz aller Varianten wurden ca. sechs Käfer





**Abbildung 32:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) im Versuchsjahr 2009. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ,  $n = 4$  je Variante und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen, Wetterstation Versuchsfeld).

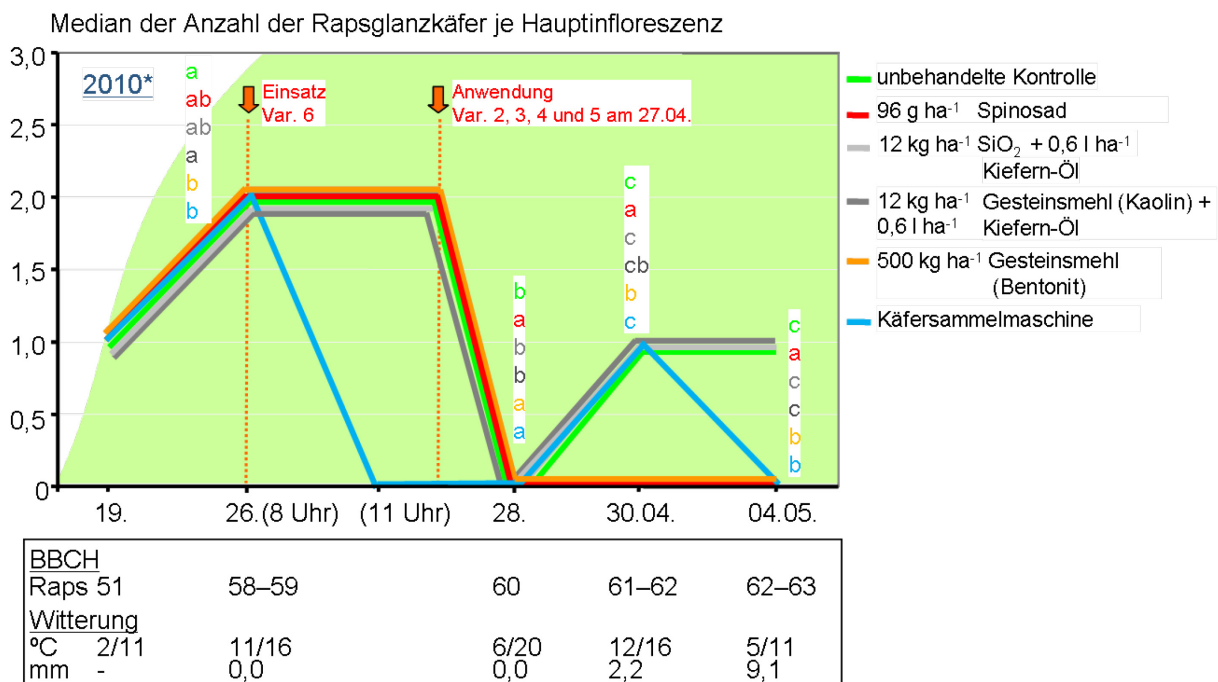
gezählt. Der Befall mit Käfern lag vor und zum Zeitpunkt der Pflanzenschutzmittelanwendung deutlich über der Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Einen Tag nach Anwendung sank der Befall in allen drei Behandlungsvarianten (Var. 2 bis 4) deutlich unter die Bekämpfungsschwelle, während der Befall in der unbehandelten Kontrolle weiterhin oberhalb dieser stagnierte und einen signifikant höheren Käferbesatz im Vergleich zu den Varianten 2 bis 4 aufwies (Abb. 32). Die Variante Spinosad (Var. 2) wies gegenüber den anderen beiden Behandlungsvarianten einen etwas stärkeren Regulierungserfolg auf, die Wirkungsgrade waren mit 41,6 % gegenüber 33,3 % der SiO<sub>2</sub>-/Sonnenblumenöl-Variante (Var. 3) und ebenfalls 33,3 % in der Sonnenblumenöl-Variante (Var. 3) etwas erhöht (Tab. 21, S. 104). Statistisch nachweisbar war der höhere Wirkungsgrad von Spinosad mit der unbehandelten Kontrolle und mit der Behandlung mit SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl (Var. 3). Sechs Tage nach der ersten Anwendung wurde der Befallsunterschied zwischen den Varianten deutlicher: Die unbehandelte Kontrolle glich sich mit einem Käferbesatz von zwei Käfern dem



Befallsniveau der Varianten 3 und 4 an. In der Spinosad-Variante hingegen war der Käferbesatz mit nur einem Käfer um 50 % signifikant gegenüber Variante 3 und 4 reduziert. Die Spinosad-Variante wies zu diesem Zeitpunkt mit 16 kumulierten Insektentagen den niedrigsten Wert gegenüber 20 Tagen bei den Varianten SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl (Var. 3) und Sonnenblumenöl (Var. 4) auf. Im Vergleich zu den Behandlungsvarianten war die Anzahl der Insektentage mit 26 Tagen in der unbehandelten Kontrolle wesentlich höher (Tab. 22, S. 105). Zu diesem Zeitpunkt erfolgte die zweite Anwendung von SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl (Var. 3) und Sonnenblumenöl (Var. 4), eine erneute Spinosad Behandlung erfolgte nicht. Einen Tag nach der zweiten Anwendung konnte ein sprunghafter und signifikanter Anstieg der Rapsglanzkäferzahlen auf fünf Käfer in den Spinosad-Parzellen beobachtet werden. Damit wiesen die Knospen der Spinosad-Variante (Var. 2) den signifikant höchsten Käferbesatz aller Varianten auf. Angesichts des bereits späten Knospenstadiums war der Befall allerdings noch unter der Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Demgegenüber blieben die Käferzahlen in der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) konstant. In der SiO<sub>2</sub>-/Sonnenblumenöl- bzw. Sonnenblumenöl-Variante kam es zu einer signifikanten Abnahme der Käferzahlen um 50 %. Eine Woche nach der zweiten Anwendung, zum Ende des Knospenstadiums, pendelte sich der Befall allgemein auf einem niedrigen Niveau von ein bis zwei Käfern ein. Der starke Anstieg des Befalls in den Spinosad-Parzellen zeigte sich letztendlich auch in der Höhe der kumulierten Insektentage. Diese waren mit 40 Tagen sogar höher als in der unbehandelten Kontrolle (37 Tage).

#### **4.8.5. Standort Trenthorst (Blockanlage), 2010**

Gegenüber dem Vorjahr war der Rapsglanzkäferbefall deutlich niedriger, so dass die Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011) zu keinem Zeitpunkt überschritten wurde. Am 26. April (BBCH 58 bis 59) erfolgte der Einsatz der Käfersammelmaschine (Var. 6), die übrigen Pflanzenschutzmaßnahmen (Var. 2 bis 5) erfolgten einen Tag später am 27. April (BBCH 58 bis 59). In diesem Zeitraum kam es auch zum Flughöhepunkt der Käfer. Der Rapsglanzkäferbefall war allerdings mit zwei Käfern je Hauptknospenstand sehr niedrig. Direkt nach der Durchfahrt mit der Sammelmaschine kam es zu einer signifikanten Reduktion der Käferzahlen um



**Abbildung 33:** Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz nach Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) im Versuchsjahr 2010. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ,  $n = 4$  je Variante und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen, Wetterstation Versuchsfeld).

**Tabelle 21:** Wirkungsgrad der am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage) angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung (h = Stunde, d = Tag) in den Versuchsjahren 2009 und 2010.

2009: Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 6 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl, Var. 4 = 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl.

2010: Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin), Var. 4 = 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>, Var. 5 = 500 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit), Var. 6 = Käfersammelmaschine.

| 2009*  | 15.04. (+1d) | 20.04. (+6d)   | 21.04. (+1/7d) | 27.04. (+7/13d) |
|--------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Var. 2 | 41,6         | 50,0           | -150,0         | -100,0          |
| Var. 3 | 33,3         | 0,0            | 50,0           | -100,0          |
| Var. 4 | 33,3         | 0,0            | 50,0           | -100,0          |
| 2010** | 26.04. (+1h) | 28.04. (+1/2d) | 30.04. (+3/4d) | 04.05. (+8/9d)  |
| Var. 2 | -            | 0,0            | 100,0          | 100,0           |
| Var. 3 | -            | 0,0            | 0,0            | 0,0             |
| Var. 4 | -            | 0,0            | 0,0            | 0,0             |
| Var. 5 | -            | 0,0            | 100,0          | 100,0           |
| Var. 6 | 100,0        | 0,0            | 0,0            | 100,0           |

\* Raps „Robust“

\*\* Raps „Lorenz“

**Tabelle 22:** Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)) zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach Pflanzenschutzmittelanwendung (h = Stunde, d = Tag) in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst.

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 6 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl, Var. 4 = 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl.

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin), Var. 4 = 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>, Var. 5 = 500 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit), Var. 6 = Käfersammelmaschine.

| <u>2009*</u>  | <u>15.04. (+1d)</u> | <u>20.04. (+6d)</u>   | <u>21.04. (+1/7d)</u> | <u>27.04. (+7/13d)</u> |
|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Var. 1        | 6,0                 | 26,0                  | 28,0                  | 37,0                   |
| Var. 2        | 4,8                 | 16,0                  | 19,0                  | 40,0                   |
| Var. 3        | 5,0                 | 20,0                  | 21,5                  | 30,5                   |
| Var. 4        | 5,0                 | 20,0                  | 21,5                  | 30,5                   |
| <u>2010**</u> | <u>26.04. (+1h)</u> | <u>28.04. (+1/2d)</u> | <u>30.04. (+3/4d)</u> | <u>04.05. (+8/9d)</u>  |
| Var. 1        | -                   | 1,0                   | 2,0                   | 6,0                    |
| Var. 2        | -                   | 1,0                   | 1,0                   | 1,0                    |
| Var. 3        | -                   | 1,0                   | 2,0                   | 6,0                    |
| Var. 4        | -                   | 1,0                   | 2,0                   | 6,0                    |
| Var. 5        | -                   | 1,0                   | 1,0                   | 1,0                    |
| Var. 6        | 0,1                 | 1,1                   | 2,1                   | 4,1                    |

\* Raps „Robust“

\*\* Raps „Lorenz“

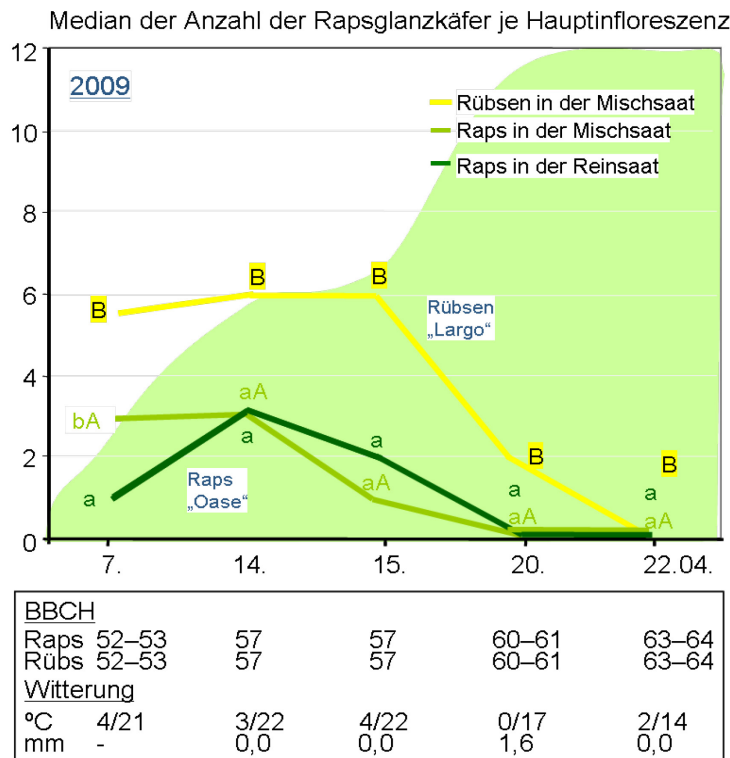
100 % (Tab. 21 und Abb. 33, S. 104). In den folgenden vier Tagen nach Durchfahrt stieg der Käferbefall wieder auf einen Käfer an, ein Wirkungsgrad war nicht mehr nachzuweisen. Einen Tag nach Anwendung der Varianten 2 bis 5 war in allen Varianten, einschließlich der unbehandelten Kontrolle (Var. 1), ein Käferbefall nicht mehr nachzuweisen. Bei beginnender Blüte gingen die Temperaturen zurück und es kam zu kräftigen Niederschlägen (11 mm). In fast allen Varianten nahmen die Käferzahlen wieder leicht zu. Die einzigen Ausnahmen bildeten die Variante 2 (Spinosad) und die Behandlung mit gestäubtem Bentonit (Var. 5), in denen die Käferzahlen bei null stagnierten. Damit wiesen beide Varianten am dritten und achten Tag nach Behandlung einen Wirkungsgrad von 100 % auf. Statistisch absicherbar war der schädlingsregulierende Effekt jedoch nur für die Spinosad-Behandlung. Dennoch war die Anzahl der kumulierten Insektentage in der Bentonit-Variante (Var. 5) und der Spinosad-Variante (Var. 2) mit nur einem Tag identisch. Alle übrigen Varianten wiesen höhere Werte auf. Hier sind besonders die Anwendungen von SiO<sub>2</sub> (Var. 4) und Kaolin (Var. 3) zu nennen, die sich mit 6 Insektentagen nicht von der unbehandelten Kontrolle unterschieden (Tab. 22).

## **4.9. Regulierung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.) durch den Mischanbau mit Rübsen**

Für die graphische Darstellung der Abundanzdynamik der Rapsglanzkäfer auf den Raps bzw. Rübsenpflanzen am Standort Dahnsdorf wurde die unbehandelte Kontrolle ausgewählt, um die Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen der Standorte Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna vergleichen zu können.

### **4.9.1. Standort Dahnsdorf, 2009**

In diesem Versuchsjahr konnten in Dahnsdorf keine phänologischen Entwicklungsunterschiede zwischen Raps und Rübsen beobachtet werden. Dennoch wurden zu Beginn des Rapsglanzkäferzufluges am 07. April 2009 (Raps und Rübsen BBCH 52 bis 53) in der Mischsaat etwa drei- bis viermal mehr Rapsglanzkäfer auf den Knospenständen des Rübsens als auf den Knospenständen des Rapses „Oase“ gezählt (Abb. 34, S. 107). Mit fortschreitender Vegetation nahmen die Käferzahlen sowohl auf den Raps- als auch auf den Rübsenknospen ab. Der Rübsen war im Vergleich zum Raps weiterhin etwa zwei- bis dreimal so stark mit Rapsglanzkäfern befallen. Mit Ausnahme des Zeitraumes der Vollblüte war 2009 in der Mischsaat die Bevorzugung des Rübsens durch den Rapsglanzkäfer gegenüber dem Raps statistisch nachweisbar. Die signifikante Bevorzugung des Rübsens hatte allerdings nicht den erhofften Ablenkungseffekt von den Rapspflanzen zur Folge. Der Raps in der Reinsaat und der Raps in der Mischsaat wiesen über den Boniturzeitraum einen nahezu identischen Besatz mit Rapsglanzkäfern auf (Abb. 34, S. 107). Beide Kulturen unterschieden sich mit Ausnahme des frühen Knospenstadiums (BBCH 52 bis 53) nicht signifikant voneinander. Zu diesem Zeitpunkt konnte ein signifikant höherer Rapsglanzkäferbefall auf dem Raps in der Mischsaat verglichen mit dem in der Reinsaat nachgewiesen werden, der geringfügig über der Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011) lag. Letztendlich wiesen aber beide Rapskulturen im gesamten Knospenstadium eine nahezu identische kumulierte Anzahl der Insektentage von etwa 32 Tagen auf. Der Rübsen unterschied sich mit über 80 Tagen deutlich von den beiden Rapskulturen (Tab. 23, S. 107). Genau wie bei den Stängelschädlingen kann aus dem Befall der Knospenstände der Hauptinfloreszenzen mit Rapsglanzkäfern und der Pflanzenanzahl je m<sup>2</sup> eine Aussage zu der Käferabundanz je m<sup>2</sup> getroffen werden. Die Abundanz in der Misch-



**Abbildung 34:** Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2009. Dargestellt ist die Abundanzdynamik in der unbehandelten Kontrolle. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , große Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, kleine Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps und 40 beim Rübsen, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen, Wetterstation Versuchsfield).

**Tabelle 23:** Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat (MS) und Raps in der Reinsaat (RS) für das Jahr 2009 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

|        | Rübsen*Raps MS**Raps RS** |      |      |
|--------|---------------------------|------|------|
| 07.04. | -                         | -    | -    |
| 14.04. | 47,8                      | 22,4 | 19,2 |
| 15.04. | 54,8                      | 25,0 | 22,2 |
| 20.04. | 79,1                      | 30,7 | 29,8 |
| 22.04. | 82,8                      | 31,8 | 31,4 |

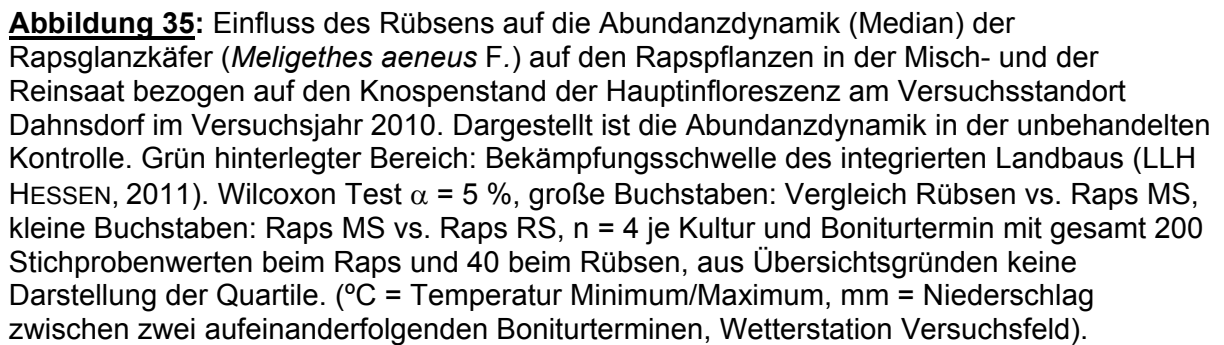
\* Rübsen „Largo“

\*\* Raps „Oase“

saat war an nahezu allen Boniturterminen höher als in der Reinsaat. Besonders deutlich wird der Unterschied zu Beginn des Käferzufluges, wo die Abundanz mit 138 Käfern dreimal so hoch wie in der Reinsaat war (Tab. 26, S. 112). Im weiteren Vegetationsverlauf schwächte sich der Unterschied zwar ab, dennoch waren immer noch doppelt so viele Käfer in der Mischsaat vorzufinden. Der Anteil der Käfer die sich in der Mischsaat auf dem Rübsen befanden war sehr niedrig und lag meist zwischen etwa 10 % und 30 %. Dies führte dazu, dass der Raps in der Mischsaat insbesondere zu Flugbeginn eine höhere Abundanz mit Rapsglanzkäfern aufwies als der Raps in der Reinsaat.

#### **4.9.2. Standort Dahnsdorf, 2010**

Im Jahr 2010 (Raps „Robust“) wurde in der Mischsaat die Bevorzugung des Rübsens durch den Rapsglanzkäfer gegenüber dem Jahr 2009 (Raps „Oase“) noch deutlicher. Bis zum mittleren Knospenstadium (BBCH 53 bis 55) war ein Befall der Rapsknospen nicht nachweisbar. Demgegenüber befanden sich zu diesem Zeitpunkt mit zwei Käfern bereits doppelt so viele Käfer auf dem Rübsen wie auf dem Raps in der Mischsaat. Der Entwicklungsvorsprung des Rübsens wurde von Beginn des Knospenstadiums an bereits sehr deutlich: Während sich der Raps noch im frühen Knospenstadium befand, hatte der Rübsen bereits das mittlere Knospenstadium erreicht (Abb. 35, S. 109). Im weiteren Vegetationsverlauf nahm der Befallsunterschied zwischen Raps und Rübsen rapide zu. So konnten am 19. April auf dem Rübsen fast zwölf Käfer gezählt werden, auf dem Raps hingegen nur etwa ein Käfer. Der Rübsen hatte zu diesem Zeitpunkt bereits das späte Knospenstadium (BBCH 57 bis 59) erreicht, der Raps das mittlere (BBCH 53 bis 55). Im weiteren Zeitverlauf kam es infolge von kühler Witterung und Niederschlägen zu einem deutlichem Einbruch des Käferbesatzes, die Differenz zwischen Raps und Rübsen schwächte sich etwas ab, der Rübsen war jedoch gegenüber dem Raps weiterhin um den Faktor vier stärker befallen. Nachfolgend nahmen die Käferzahlen nochmals zu, der Mehrbefall des Rübsens blieb weiterhin bestehen. Der über den gesamten Boniturzeitraum deutlich stärkere Befall des Rübsens im Vergleich zum Raps in der Mischsaat konnte ab dem 08. April statistisch abgesichert werden. Im Gegensatz zum Versuchsjahr 2009 führte der deutliche Mehrbefall der Rübsenpflanzen zu einem – mit wenigen Ausnahmen in den frühen Knospenstadien – signifikant reduzierten Rapsglanzkäferbefall der Rapspflanzen in der Mischsaat gegenüber de-



|               | <b>Rübsen*</b> | <b>Raps MS**</b> | <b>Raps RS**</b> |
|---------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>06.04.</b> | -              | -                | -                |
| <b>08.04.</b> | 0,8            | 0,6              | 0,2              |
| <b>12.04.</b> | 7,2            | 2,7              | 2,1              |
| <b>14.04.</b> | 17,4           | 4,6              | 4,9              |
| <b>19.04.</b> | 45,4           | 8,3              | 12,6             |
| <b>22.04.</b> | 77,4           | 12,5             | 21,7             |
| <b>24.04.</b> | 82,6           | 13,7             | 23,5             |
| <b>26.04.</b> | 95,8           | 17,9             | 29,2             |
| <b>28.04.</b> | 107,4          | 22,0             | 35,1             |

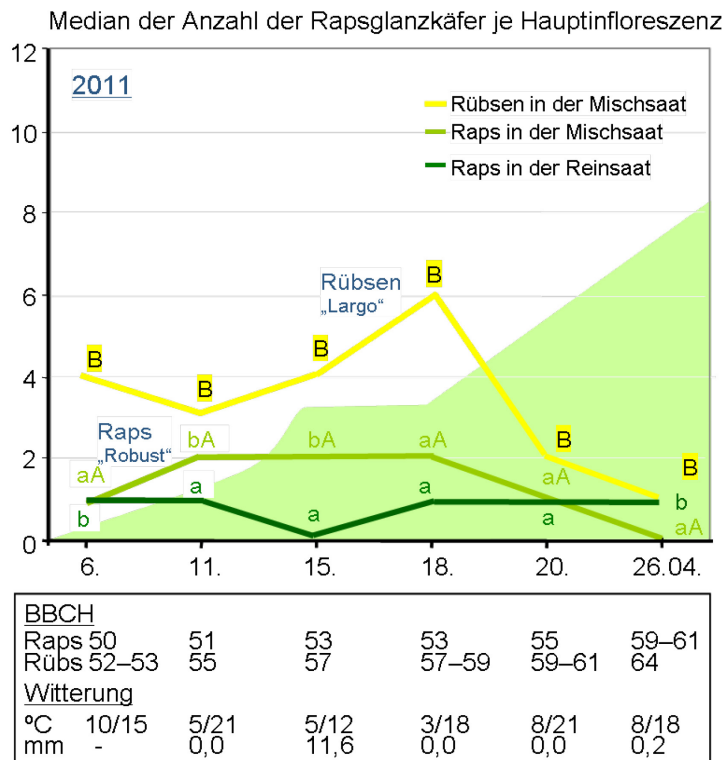
\* Rübsen „Largo“  
 \*\* Raps „Robust“

nen in der Reinsaat. Der Befall der Rapspflanzen in der Reinsaat war zeitweise doppelt so hoch und erreichte am 19. April 2010 mit 4 Käfern je Hauptknospenstand fast die Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Der Raps in der Mischsaat hingegen blieb über den ganzen Boniturzeitraum deutlich unter dieser Schwelle. Analog zu dem Befallsunterschied der beiden Rapskulturen unterschieden sich auch die kumulierten Insektentage. Für den Raps in der Mischsaat wurden 22 Tage errechnet, der Raps in der Reinsaat kam mit 35 Tagen auf deutlich mehr Tage. Mit etwa 110 kumulierten Insektentagen wurde die in diesem Versuchsjahr stärkere Bevorzugung des Rübens durch den Rapsglanzkäfer verglichen mit dem Vorjahr (ca. 80 Tage) verdeutlicht (Tab. 24, S. 109). Bei Betrachtung der Abundanz der Rapsglanzkäfer fällt auf, dass sich diese im Gegensatz zum Jahr 2009 in der Mischsaat nur unwesentlich von der Reinsaat unterschied. Weiter ist festzustellen, dass sich mit 50 % bis 100 % deutlich mehr Käfer auf dem Rüben befanden. Dies führte zu einer reduzierten Abundanz der Rapsglanzkäfer für den Raps in der Mischsaat im Vergleich zum Raps in der Reinsaat (Tab. 26, S. 112).

#### **4.9.3. Standort Dahnsdorf, 2011**

Im Jahr 2011 war bei gleicher Sortenkombination wie im Jahr 2010 ein ebenfalls über den gesamten Boniturzeitraum signifikanter Mehrbefall des Rübens gegenüber dem Raps in der Mischsaat festzustellen. Ebenfalls wie im Vorjahr war ein deutlicher phänologischer Vorsprung des Rübens gegenüber dem Raps erkennbar. Dennoch fiel die Befallsdifferenz zwischen den beiden Kulturen der Mischsaat im Jahr 2011 schwächer aus als im Jahr 2010. Bis zum mittleren Knospenstadium des Rübens (BBCH 55) war der Rüben mit etwa drei Käfern doppelt bis anderthalb Mal so stark befallen wie der Raps. Zum späten Knospenstadium (BBCH 57 bis 59) stieg der Mehrbefall des Rübens mit etwa sieben Käfern kurzzeitig auf das über Dreifache an (Abb. 36, S. 111). Mit beginnender Blüte des Rübens nahm der Käferbesatz hier deutlich ab, so dass sich der Befall der beiden Kulturen in der Mischsaat annäherte, sich allerdings weiterhin signifikant unterschied. Trotz gleicher Raps- bzw. Rübensorte wie im Vorjahr 2010, unterschied sich im Jahr 2011 die Befallshöhe der beiden Rapskulturen völlig im Vergleich zum Vorjahr. Der Raps in der Mischsaat war zu der





**Abbildung 36:** Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) auf den Rapspflanzen der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Dahnsdorf im Versuchsjahr 2011. Dargestellt ist die Abundanzdynamik in der unbehandelten Kontrolle. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , große Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, kleine Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten beim Raps und 40 beim Rübsen, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Boniturterminen, Wetterstation Versuchsfield).

**Tabelle 25:** Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat (MS) und Raps in der Reinsaat (RS) im Versuchsjahr 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

|        | Rübsen* | Raps MS** | Raps RS** |
|--------|---------|-----------|-----------|
| 06.04. | -       | -         | -         |
| 11.04. | 17,5    | 7,5       | 5,0       |
| 15.04. | 31,5    | 15,5      | 7,0       |
| 18.04. | 46,5    | 21,5      | 8,5       |
| 20.04. | 54,5    | 24,5      | 10,5      |
| 26.04. | 63,5    | 27,5      | 16,5      |

\* Rübsen „Largo“

\*\* Raps „Robust“

**Tabelle 26:** Abundanz der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) je m<sup>2</sup> (bezogen auf den Median), differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

|        | 2009* Mischsaat  |        |      |                  | 2011** Mischsaat |        |      |                  |
|--------|------------------|--------|------|------------------|------------------|--------|------|------------------|
|        | gesamt           | Rübsen | Raps | Reinsaat<br>Raps | gesamt           | Rübsen | Raps | Reinsaat<br>Raps |
| 07.04. | 138              | 28     | 110  | 43               | 06.04.           | 47     | 1    | 46               |
| 14.04. | 244              | 24     | 220  | 129              | 11.04.           | 94     | 2    | 92               |
| 15.04. | 73               | 18     | 55   | 43               | 15.04.           | 94     | 2    | < 1              |
| 20.04. | 8                | 8      | < 1  | < 1              | 18.04.           | 95     | 3    | 43               |
| 22.04. | < 1              | < 1    | < 1  | < 1              | 20.04.           | 47     | 1    | 46               |
|        |                  |        |      |                  | 26.04.           | 1      | < 1  | 43               |
|        | 2010** Mischsaat |        |      |                  |                  |        |      |                  |
|        | gesamt           | Rübsen | Raps | Reinsaat<br>Raps |                  |        |      |                  |
| 06.04. | < 1              | < 1    | < 1  | < 1              |                  |        |      |                  |
| 08.04. | < 1              | < 1    | < 1  | < 1              |                  |        |      |                  |
| 12.04. | 22               | 22     | < 1  | < 1              |                  |        |      |                  |
| 14.04. | 22               | 22     | < 1  | < 1              |                  |        |      |                  |
| 19.04. | 164              | 127    | 37   | 150              |                  |        |      |                  |
| 22.04. | 55               | 55     | < 1  | 50               |                  |        |      |                  |
| 24.04. | 92               | 55     | 37   | 100              |                  |        |      |                  |
| 26.04. | 140              | 66     | 74   | 150              |                  |        |      |                  |
| 28.04. | 81               | 44     | 37   | 100              |                  |        |      |                  |

\* Rübsen „Largo“, Raps „Oase“

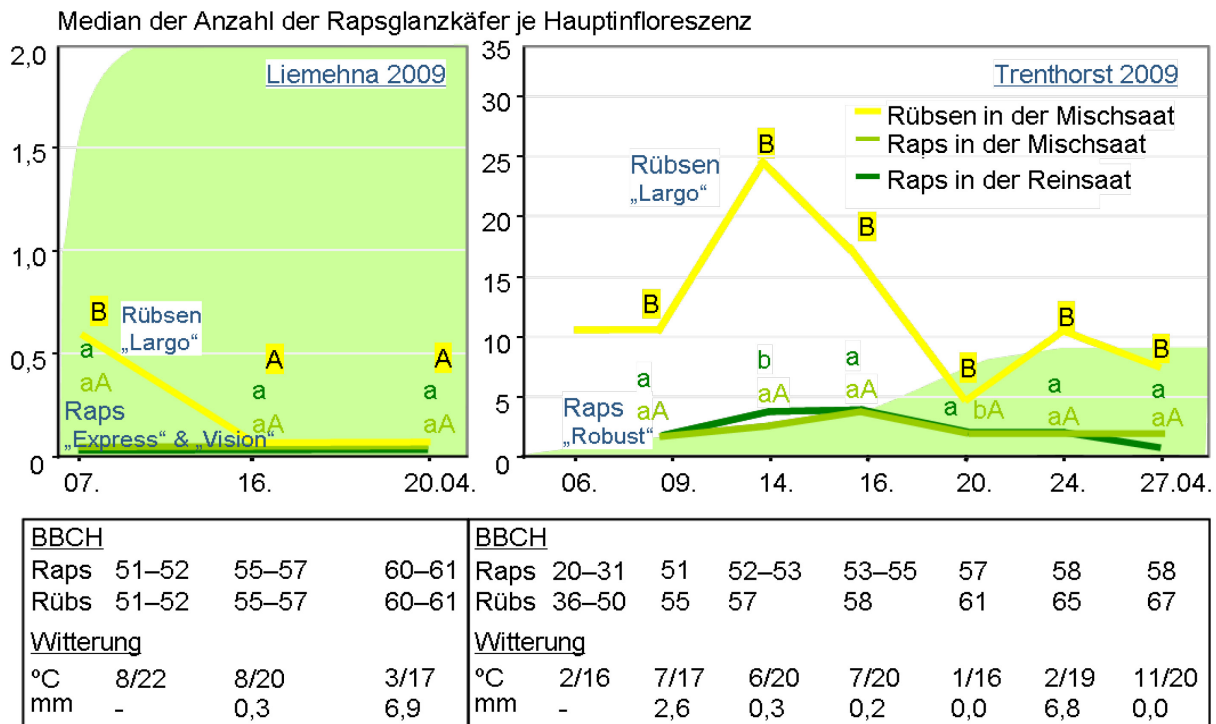
\*\* Rübsen „Largo“, Raps „Robust“

überwiegenden Zahl der Boniturtermine signifikant stärker befallen als der Raps in der Reinsaat. Im frühen Knospenstadium wurde beim Raps in der Mischsaat die Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011) teils leicht überschritten. Die Relationen der Befallshöhe der beiden Rapskulturen spiegelten sich auch in der Anzahl der kumulierten Knospentage wieder. Der Raps in der Mischsaat wies mit 27,5 Tagen deutlich mehr Tage auf als der Raps in der Reinsaat mit 16,5 Tagen. Der Rübsen wies etwa 64 Tage auf, womit der Unterschied zum Raps in der Mischsaat zwar noch eindeutig war aber deutlich geringer als im Vorjahr ausfiel (Tab. 25, S. 111). Die Abundanz der Rapsglanzkäfer betrug in der Reinsaat zumeist 43 Käfer je m<sup>2</sup>. Demgegenüber war die Abundanz in der Mischsaat mit 92 bis 46 Käfer je m<sup>2</sup> teilweise mehr als doppelt so hoch. Einzige Ausnahmedate der 26. April (Blüte bis spätes Knospenstadium): Hier war die Abundanz der Käfer in der Reinsaat mit 43 Käfern je m<sup>2</sup> deutlich gegenüber der Mischsaat erhöht. Der Anteil der Käfer, die sich auf dem Rübsen befanden, war mit etwa 3 % marginal (Tab. 26).

**4.9.4. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009**

Am Standort Liemehna war der Befall der Kulturen mit Rapsglanzkäfern im ersten Versuchsjahr 2009 nur minimal. Der Käferbefall je Hauptknospenstand lag bei unter einem Käfer. Dennoch konnte im frühen Knospenstadium (BBCH 51 bis 52) in der Mischsaat eine signifikante Präferenz der Rapsglanzkäfer für den Rübsen gegenüber dem Raps festgestellt werden (Abb. 37, S. 114). Im weiteren Entwicklungsverlauf der Kulturen kam es zu einer Abnahme der Käferzahl, die vom mittleren Knospenstadium an bei etwa null lag. Die anfängliche Präferenz der Rapsglanzkäfer für den Rübsen führte zu keinem statistisch nachweisbaren Unterschied der Befallsstärke zwischen dem Raps in der Misch-, verglichen mit dem in der Reinsaat. Ein Unterschied in der Phänologie zwischen Raps und Rübsen konnte während des gesamten Boniturzeitraumes nicht beobachtet werden. Durch den minimalen Befall der Kulturen mit Rapsglanzkäfern in Liemehna lag die Abundanz des Rapsglanzkäfers bei unter einem Käfer. Gleiches galt für die kumulierten Insektentage (Tab. 27, S. 118 und Tab. 29, S. 121).

Am Standort Trenthorst war im Jahr 2009 der Befall der Kulturen mit Rapsglanzkäfern wesentlich höher als am Standort Liemehna. Während des gesamten Boniturzeitraumes konnte in der Mischsaat eine signifikante Präferenz der Rapsglanzkäfer für den Rübsen verglichen zum Raps „Robust“ festgestellt werden, welcher sich durch eine deutlich langsamere Entwicklungsgeschwindigkeit vom Rübsen unterschied. Die Präferenz fiel quantitativ sehr deutlich aus: Zum Zeitpunkt des Flughöhepunktes am 14. April 2009 (Raps BBCH 52 bis 53, Rübsen BBCH 57) befanden sich in der Mischsaat mit mehr als 25 Käfern ca. fünfmal so viele auf dem Rübsen im Vergleich zum Raps (Abb. 36, S. 111). Auch an den übrigen Boniturterminen befanden sich in der Mischsaat – mit Ausnahme des durch die kühlere Witterung am 20. April allgemein verursachten Flugrückgangs – im Vergleich zum Raps im Mittel immer dreimal so viele Rapsglanzkäfer auf den Rübsenpflanzen. Eine Verlagerung der Käfer mit fortschreitender Entwicklung der Kulturen von den Rübsen- zu den Rapsknospenständen konnte in Trenthorst nicht beobachtet werden. Die so deutliche und signifikante Präferenz der Rübsen- gegenüber den Rapspflanzen in der Mischsaat durch die Rapsglanzkäfer führte nicht zu der erhofften Absenkung der Befallsstärke der Rapsknospenstände. Die Befallsstärke der Rapspflanzen in der Mischsaat war nahezu identisch mit der der Rapspflanzen in

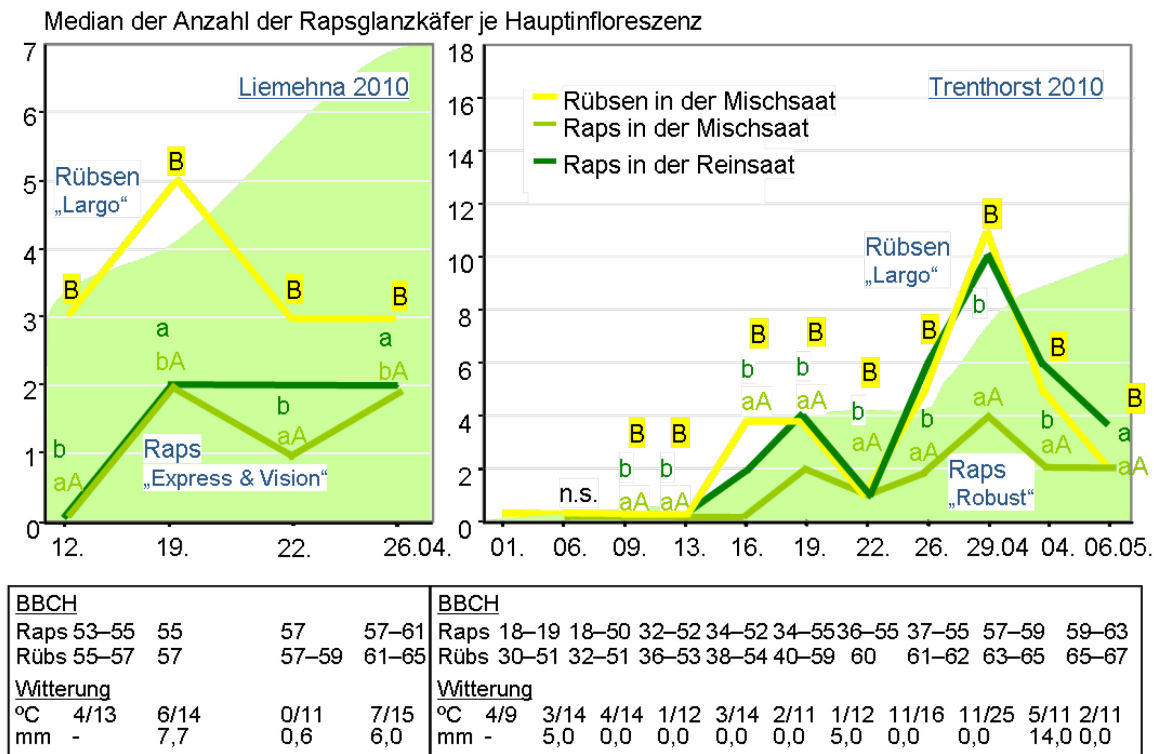


**Abbildung 37:** Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz an den Versuchsstandorten Liemehna (links) und Trenthorst (Großparzelle) (rechts) im Versuchsjahr 2009. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). n. s. = nicht signifikant, Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , große Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, kleine Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen dem vorherigen und dem jeweils aktuellen Boniturtermin, Liemehna: Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz, Trenthorst: Wetterstation Versuchsfeld).

der Reinsaat. Dieser Sachverhalt war auch gut erkennbar an den kumulierten Insektentagen. Diese waren in der Reinsaat mit etwa 59 Tagen nur minimal gegenüber 56 Tagen beim Raps in der Mischsaat erhöht. Mit fast 300 Tagen unterschied sich der Rübsen deutlich von den Rapskulturen wodurch die Bevorzugung dieser Kultur durch die Rapsglanzkäfer verdeutlicht wird (Tab. 28, S. 119). Am Standort Trenthorst war die Abundanz der Rapsglanzkäfer in der Mischsaat zu allen Boniturzeitpunkten um mindestens ein Drittel gegenüber der Reinsaat erhöht. Der Anteil der Käfer, die sich auf dem Rübsen befanden schwankte zwischen etwa 30 % und 50 %. Die Käferabundanz des Rapses in der Mischsaat war im Gegensatz zu der des Rapses in der Reinsaat zu den meisten Zeitpunkten zumindest leicht reduziert (Tab. 27, S. 118).

**4.9.5. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010**

Im Versuchsjahr 2010 war das Befallsniveau mit Rapsglanzkäfern am Standort Liemehna entgegen 2009 etwas höher, mit maximal fünf Käfern je Hauptknospenstand dennoch sehr niedrig. Über den gesamten Boniturzeitraum konnte in der Mischsaat eine signifikante Bevorzugung des Rübsens gegenüber dem Raps nachgewiesen werden. Zeitweise befanden sich mehr als doppelt so viele Rapsglanzkäfer auf den Knospen der Rübsenpflanzen (Abb. 38, S. 116). Der Rübsen wies in diesem Jahr im Vergleich zum Raps einen Entwicklungsvorsprung von ein bis zwei Tagen auf. Die Bevorzugung des Rübsens durch den Rapsglanzkäfer führte in Liemehna allerdings zu keinem eindeutigen Befallsunterschied der beiden Rapskulturen. Dennoch war die Anzahl der kumulierten Insektentage beim Raps in der Mischsaat mit etwa 17 Tagen leicht gegenüber 21 Tagen beim Raps in der Reinsaat reduziert. Der Rübsen wies analog zu seinem höheren Befall durch Rapsglanzkäfer mit 56 kumulierten Insektentagen etwa dreimal so viele Tage gegenüber den Rapskulturen auf (Tab. 28, S. 119). Im Jahr 2010 war die Abundanz der Rapsglanzkäfer in Liemehna erneut sehr niedrig. Die Abundanz der Käfer war in der Misch- gegenüber der Reinsaat zumeist nur schwach erhöht. Im frühen Knospenstadium befanden sich alle Käfer auf dem Rübsen, im weiteren Verlauf zwischen gut 50 % und 70 %. Damit war die Käferabundanz des Rapses in der Mischsaat gegenüber der des Rapses in der Reinsaat niedriger (Tab. 27, S. 118). Wie bereits im Jahr 2009 war 2010 das Befallsniveau mit Rapsglanzkäfern am Standort Trenthorst höher als am Standort Liemehna, mit maximal elf Käfern je Hauptknospenstand dennoch niedriger als 2009. Auch 2010 war der Rübsen dem Raps „Robust“ in der Entwicklungsgeschwindigkeit einige Tage voraus. In der Mischsaat wies der Rübsen im Gegensatz zum Raps zumeist einen doppelt bis dreifach höheren Befall mit Rapsglanzkäfern auf (Abb. 38, S. 116). Der deutliche Befallsunterschied ließ sich während des gesamten Boniturzeitraumes statistisch absichern. Im Gegensatz zum Jahr 2009 führte die Bevorzugung des Rübsens durch die Rapsglanzkäfer zu einem deutlichen Befallsunterschied der beiden Rapskulturen. Der Raps in der Mischsaat war über den gesamten Boniturzeitraum signifikant weniger stark mit Käfern befallen als der Raps in der Reinsaat, dessen Befallsniveau in etwa dem des Rübsens entsprach. Damit überschritt der Raps in der Reinsaat zweimal die Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011),



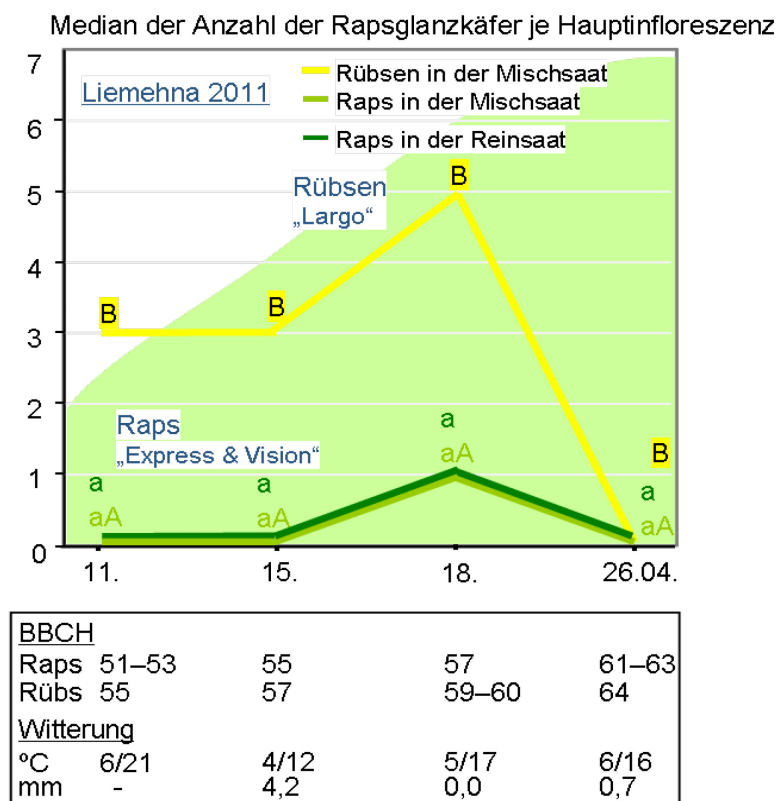
**Abbildung 38:** Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz an den Versuchsstandorten Liemehna (links) und Trenthorst (Großparzelle) (rechts) im Versuchsjahr 2010. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH Hessen, 2011). n. s. = nicht signifikant, Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , große Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, kleine Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen dem vorherigen und dem jeweils aktuellen Boniturtermin, Liemehna: Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz, Trenthorst: Wetterstation DWD Lübeck Blankensee).

während der Raps in der Mischsaat im gesamten Knospenstadium deutlich unter dieser Schwelle blieb. Die kumulierten Insektentage spiegelten sehr schön die Befallsrelationen der Kulturen wieder. Mit 41,5 Tagen wies der Raps in der Mischsaat ca. 60 % weniger Tage gegenüber dem Raps in der Reinsaat auf. Dessen Insektentage waren mit 107 Tagen in etwa identisch zu der Rübsenkultur (Tab. 28, S. 119). Wie an der, verglichen mit dem Vorjahr 2009, herabgesetzten Anzahl der kumulierten Insektentage deutlich wurde, war am Standort Trenthorst die Abundanz der Rapsglanzkäfer gegenüber 2009 herabgesetzt. Der Vergleich der Käferdichte zwischen Rein- und Mischsaat erbrachte dabei keine eindeutige Tendenz. Zeitweise war die Käferdichte in der Reinsaat höher, zeitweise in der Mischsaat. Im frühen Knospenstadium befanden sich alle Käfer ausschließlich auf dem Rübsen, im weiteren Entwicklungsverlauf sank der Anteil auf zumeist etwa 50 %. Zu fast allen

Boniturterminen wies der Raps in der Mischsaat eine niedrigere Käferdichte im Vergleich zum Raps in der Reinsaat auf (Tab. 27, S. 118).

#### 4.9.6. Standort Liemehna, 2011

Im Jahr 2011 entsprach die Befallshöhe mit Rapsglanzkäfern am Standort Liemehna in etwa der des Vorjahres. Während des gesamten Boniturzeitraumes war in der Mischsaat eine signifikante Bevorzugung der Rübsen- gegenüber den Rapspflanzen nachweisbar. Der Befallsunterschied zwischen den beiden Kulturen betrug das Drei- bis Fünffache, wobei die Rapsknospen überwiegend befallsfrei waren (Abb. 39). Der Rübsen wies verglichen mit dem Raps einen Entwicklungsvorsprung von etwa zwei bis drei Tagen auf. Die Bevorzugung des Rübsens durch die Rapsglanzkäfer führte aufgrund des niedrigen Befalls zu keinem Befallsunter-



**Abbildung 39:** Einfluss des Rübsens auf die Abundanzdynamik (Median) der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) auf den Rapspflanzen in der Misch- und der Reinsaat bezogen auf den Knospenstand der Hauptinfloreszenz am Versuchsstandort Liemehna im Versuchsjahr 2011. Grün hinterlegter Bereich: Bekämpfungsschwelle des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011). n. s. = nicht signifikant, Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , große Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, kleine Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS,  $n = 4$  je Kultur und Boniturtermin mit gesamt 200 Stichprobenwerten, aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile. (°C = Temperatur Minimum/Maximum, mm = Niederschlag zwischen dem vorherigen und dem jeweils aktuellen Boniturtermin, Wetterstation DWD Leipzig-Schkeuditz).

**Tabelle 27:** Abundanz der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) je m<sup>2</sup> (bezogen auf den Median), differenziert nach Misch- und Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle).

| <u>Liemehna</u>                             |                  |        |      |                 | <u>Trenthorst</u>               |                  |        |      |                 |
|---|------------------|--------|------|-----------------|---------------------------------|------------------|--------|------|-----------------|
| 2009*                                       | <u>Mischsaat</u> |        |      | <u>Reinsaat</u> | 2009*                           | <u>Mischsaat</u> |        |      | <u>Reinsaat</u> |
|   | gesamt           | Rübsen | Raps | Raps            |                                 | gesamt           | Rübsen | Raps | Raps            |
| 07.04.                                      | 2                | 2      | < 1  | < 1             | 09.04.                          | 114              | 44     | 70   | 80              |
| 16.04.                                      | < 1              | < 1    | < 1  | < 1             | 14.04.                          | 205              | 100    | 105  | 160             |
| 20.04.                                      | < 1              | < 1    | < 1  | < 1             | 16.04.                          | 208              | 68     | 140  | 160             |
| 2010*                                       | <u>Mischsaat</u> |        |      | <u>Reinsaat</u> | 20.04.                          | 90               | 20     | 70   | 80              |
|   | gesamt           | Rübsen | Raps | Raps            | 24.04.                          | 114              | 44     | 70   | 80              |
| 12.04.                                      | 12               | 12     | < 1  | < 1             | 27.04.                          | 98               | 28     | 70   | 46              |
| 19.04.                                      | 58               | 24     | 34   | 48              | 2010*                           | <u>Mischsaat</u> |        |      | <u>Reinsaat</u> |
| 22.04.                                      | 52               | 18     | 34   | 48              |                                 | gesamt           | Rübsen | Raps | Raps            |
| 26.04.                                      | 52               | 18     | 34   | 48              | 06.04.                          | < 1              | < 1    | < 1  | < 1             |
| 2011*                                       | <u>Mischsaat</u> |        |      | <u>Reinsaat</u> | 09.04.                          | < 1              | < 1    | < 1  | < 1             |
|   | gesamt           | Rübsen | Raps | Raps            | 13.04.                          | < 1              | < 1    | < 1  | < 1             |
| 11.04.                                      | 15               | 15     | < 1  | < 1             | 16.04.                          | 20               | 20     | < 1  | 34              |
| 15.04.                                      | 15               | 15     | < 1  | < 1             | 19.04.                          | 74               | 20     | 54   | 68              |
| 18.04.                                      | 57               | 25     | 52   | 47              | 22.04.                          | 32               | 5      | 27   | 17              |
| 26.04.                                      | < 1              | < 1    | < 1  | < 1             | 26.04.                          | 79               | 25     | 54   | 102             |
| * Rübsen „Largo“, Raps „Express“ & „Vision“ |                  |        |      |                 | 29.04.                          | 163              | 55     | 108  | 170             |
|   |                  |        |      |                 | 04.05.                          | 79               | 25     | 54   | 102             |
|   |                  |        |      |                 | 06.05.                          | 64               | 10     | 54   | 60              |
|   |                  |        |      |                 | * Rübsen „Largo“, Raps „Robust“ |                  |        |      |                 |

schied der Rapspflanzen in den beiden Anbausystemen. Statistische Unterschiede waren nicht nachweisbar. Mit 5,5 Tagen war letztendlich auch die Anzahl der kumulierten Insektentage der beiden Rapskulturen identisch. Der Rübsen wies mit über 40 Tagen einen achtmal so hohen Wert auf (Tab. 28, S. 119). Analog zum niedrigeren Befallsniveau gegenüber 2010 war auch die Abundanz des Rapsglanzkäfers in Liemehna etwas niedriger als im Vorjahr. Zu Beginn des Käferzufluges war eine höhere Abundanz in der Misch- gegenüber der Reinsaat zu erkennen, wobei sich alle Käfer auf dem Rübsen befanden. Im Vegetationsverlauf nahm der Anteil der Käfer auf dem Rübsen auf ungefähr 50 % ab, die Abundanz in der Mischsaat blieb im Vergleich zur Reinsaat dennoch weiter erhöht. Unterschiede in der Abundanz zwischen den beiden Rapskulturen waren nicht zu erkennen (Tab. 27).



**Tabelle 28:** Kumulierte Insektentage (für den Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.)) in der unbehandelten Kontrolle, differenziert nach Rübsen, Raps in der Mischsaat (MS) und Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle).

| <u>Liemehna</u>                             |        |         |          | <u>Trenthorst</u>  |         |          |          |
|---|--------|---------|----------|--|---------|----------|----------|
| <u>2009*</u>                                |        |         |          | <u>2009</u>  |         |          |          |
|   | Rübsen | Raps MS | Raps RS  |  | Rübsen* | Raps MS* | Raps RS* |
| <b>07.04.</b>                               | -      | -       | -        | <b>09.04.</b>  | -       | -        | -        |
| <b>16.04.</b>                               | 2,3    | < 0,1   | < 0,1    | <b>14.04.</b>  | 90,0    | 12,5     | 15,0     |
| <b>20.04.</b>                               | 2,3    | < 0,1   | < 0,1    | <b>16.04.</b>  | 195,0   | 30,0     | 35,0     |
| <u>2010*</u>                                |        |         |          | <b>20.04.</b> <td>239,0</td> <td>42,0</td> <td>47,0</td> | 239,0   | 42,0     | 47,0     |
|   | Rübsen | Raps MS | Raps RS* | <b>24.04.</b> <td>271,0</td> <td>50,0</td> <td>55,0</td> | 271,0   | 50,0     | 55,0     |
| <b>12.04.</b>                               | -      | -       | -        | <b>27.04.</b>  | 298,0   | 56,0     | 59,5     |
| <b>19.04.</b>                               | 28,0   | 7,0     | 7,0      | <u>2010</u>  |         |          |          |
| <b>22.04.</b>                               | 40,0   | 11,5    | 13,0     |  | Rübsen* | Raps MS* | Raps RS* |
| <b>26.04.</b>                               | 56,0   | 17,5    | 21,0     | <b>06.04.</b>  | -       | -        | -        |
| <u>2011*</u>                                |        |         |          | <b>09.04.</b>  | < 0,1   | < 0,1    | < 0,1    |
|   | Rübsen | Raps MS | Raps RS  | <b>13.04.</b>  | < 0,1   | < 0,1    | < 0,1    |
| <b>11.04.</b>                               | -      | -       | -        | <b>16.04.</b>  | 6,0     | < 0,1    | 3,0      |
| <b>15.04.</b>                               | 12,0   | < 0,1   | < 0,1    | <b>19.04.</b>  | 18,0    | 3,0      | 12,0     |
| <b>18.04.</b>                               | 24,0   | 1,5     | 1,5      | <b>22.04.</b>  | 25,5    | 7,5      | 19,5     |
| <b>26.04.</b>                               | 44,0   | 5,5     | 5,5      | <b>26.04.</b>  | 37,5    | 13,5     | 33,5     |
| * Rübsen „Largo“, Raps „Express“ & „Vision“ |        |         |          | <b>29.04.</b>  | 61,5    | 22,5     | 57,5     |
|   |        |         |          | <b>04.05.</b>  | 101,5   | 37,5     | 97,5     |
|   |        |         |          | <b>06.05.</b>  | 108,5   | 41,5     | 107,0    |
|   |        |         |          | * Rübsen „Largo“, Raps „Robust“                          |         |          |          |

#### 4.10. Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Schotenschädlinge

Bei der Untersuchung des Einflusses der Pflanzenschutzmittel auf die Schotenschädigung werden neben den Ergebnissen von Variante 1, 3 und 4 auch die von Variante 2 dargestellt. In dieser Variante wurden zwar nur Pflanzenschutzmittel gegen die Stängelrüssler appliziert, dennoch war zum Zeitpunkt der Pflanzenschutzmittelanwendung anhand der Gelbschalen bereits eine Aktivität der Rapsglanzkäfer nachweisbar. Demzufolge könnten die Pflanzenschutzmittel in dieser Variante einen Einfluss auf die Rapsglanzkäfer und damit auf die spätere Schotenschädigung (schotenlose Stielchen) gehabt haben. Der Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Kohlschotenrüssler (Schoten mit Ausbohröffnung) wird nur für das Jahr 2011 dargestellt, da nur in diesem Jahr anhand der Gelbschalen eine unmittelbar der Pflanzenschutzmittelanwendung folgende Einflugaktivität dieses

Schädlings zu verzeichnen war. Aufgrund der fehlenden Gelbschalenfänge der Kohlschotenmücke wird auf die Darstellung dieses Schädlings verzichtet.

#### **4.10.1. Standort Dahnsdorf, 2009**

Am Standort Dahnsdorf wurde 2009 jeder der bonitierten Hauptschotenstände durch den Rapsglanzkäfer geschädigt. Der Anteil der Schädigung am Gesamtschotenansatz betrug zwischen 26,3 % und gut 53,6 % (Tab. 29, S. 121). Somit waren zwischen etwa 47,6 % und 73,7 % der Schoten befallsfrei. Die angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung des Rapsglanzkäfers und der Stängelschädlinge hatten keine statistisch nachweisbaren Effekte auf die Schädigung durch den Rapsglanzkäfer (Stielchen). Erwähnenswert war allerdings die in allen Kulturen sowohl relative (über 66 %) als auch absolut höhere Anzahl befallsfreier Schoten in der Behandlung mit 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (Var. 3) verglichen mit den übrigen Varianten.

#### **4.10.2. Standort Dahnsdorf, 2010**

Wie im Vorjahr wurde auch 2010 jeder der bonitierten Schotenstände der Hauptinfloreszenz durch den Rapsglanzkäfer geschädigt. Der Anteil der Schädigung am Gesamtschotenansatz betrug zwischen etwa 43 % und 86 % und lag damit über dem Vorjahr 2009 (Tab. 29, S. 121). Dementsprechend waren zwischen 14,3 % und 57,1 % der Schoten befallsfrei. Zwischen den Behandlungsvarianten ergaben sich nur sehr wenige, statistisch nachweisbare Unterschiede, die keine eindeutige Tendenz erkennen ließen. Ein höherer Anteil befallsfreier Schoten sowie ein reduzierter Rapsglanzkäferschaden (Stielchen) in der Spinosad-Variante (Var. 3), wie im Jahr 2009 beobachtet, konnte 2010 nicht festgestellt werden.

#### **4.10.3. Standort Dahnsdorf, 2011**

Auch im letzten Versuchsjahr wurden wiederum alle bonitierten Schotenstände durch den Rapsglanzkäfer geschädigt. Der Anteil der Schädigung am Gesamtschotenansatz betrug zwischen 19 % und 57,1 % und war damit gegenüber dem Vorjahr 2010 herabgesetzt (Tab. 29, S. 121; Tab. 30, S. 122). Die Schädigung durch den Kohlschotenrüssler machte maximal etwa 15 % aus, zumeist jedoch unter 10 %. Somit waren zwischen 42,9 % und 71 % der Schoten befallsfrei. Zwischen den Behandlungsvarianten ergaben sich auch im Jahr 2011 nur sehr wenige, statistisch nachweisbare Unterschiede, die keine eindeutige Tendenz erkennen ließen. Ein höherer Anteil befallsfreier Schoten, sowie ein reduzierter Rapsglanzkäferschaden

**Tabelle 29:** Median der Anzahl der befallsfreien Schoten und der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall (*Meligethes aeneus* F., RGK) je Hauptschotenstand sowie prozentualer Anteil am Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).  
Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ; n = 4 je Variante mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps und 40 (2009) bzw. 80 (2010) beim Rübsen.

|             | Kultur* | Var. | befallsfreie Schoten |      | Stielchen, RGK |      | Gesamt-schotenansatz |     |
|-------------|---------|------|----------------------|------|----------------|------|----------------------|-----|
|             |         |      | abs.                 | %    | abs.           | %    | abs.                 | %   |
| <b>2009</b> | Rübsen  | 1    | 11,0a                | 50,0 | 11,0a          | 50,0 | 22,0a                | 100 |
|             | Rübsen  | 2    | 10,0a                | 47,6 | 11,0a          | 52,4 | 21,0a                | 100 |
|             | Rübsen  | 3    | 15,5a                | 66,0 | 8,0a           | 34,0 | 23,5a                | 100 |
|             | Rübsen  | 4    | 11,0a                | 55,0 | 9,0a           | 45,0 | 20,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 1    | 10,0a                | 50,0 | 10,0a          | 50,0 | 20,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 2    | 11,0a                | 59,5 | 7,5a           | 40,5 | 18,5a                | 100 |
|             | Raps MS | 3    | 14,0a                | 73,7 | 5,0a           | 26,3 | 19,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 4    | 10,0a                | 52,6 | 9,0a           | 47,4 | 19,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 1    | 15,0a                | 57,7 | 11,0a          | 42,3 | 26,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 2    | 13,0a                | 46,4 | 15,0a          | 53,6 | 28,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 3    | 17,0a                | 68,0 | 8,0a           | 32,0 | 25,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 4    | 16,0a                | 69,6 | 7,0a           | 30,4 | 23,0a                | 100 |
| <b>2010</b> | Rübsen  | 1    | 7,5a                 | 31,9 | 16,0b          | 68,1 | 23,5b                | 100 |
|             | Rübsen  | 2    | 7,0a                 | 35,0 | 13,0ab         | 65,0 | 20,0ab               | 100 |
|             | Rübsen  | 3    | 8,0a                 | 38,1 | 13,0a          | 61,9 | 21,0ab               | 100 |
|             | Rübsen  | 4    | 9,0a                 | 40,9 | 13,0a          | 59,1 | 22,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 1    | 3,0ab                | 20,0 | 12,0a          | 80,0 | 15,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 2    | 6,0ac                | 57,1 | 12,0ab         | 42,9 | 28,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 3    | 9,0b                 | 36,0 | 16,0b          | 64,0 | 25,0b                | 100 |
|             | Raps MS | 4    | 6,0c                 | 30,0 | 14,0ab         | 70,0 | 20,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 1    | 3,0a                 | 20,6 | 11,5ab         | 79,3 | 14,5a                | 100 |
|             | Raps RS | 2    | 3,5a                 | 23,3 | 11,5b          | 76,6 | 15,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 3    | 4,0b                 | 30,8 | 9,0a           | 69,2 | 13,0a                | 100 |
|             | Raps RS | 4    | 2,0a                 | 14,3 | 12,0b          | 85,7 | 14,0a                | 100 |

\* Rübsen „Largo“ (2009 und 2010)

Raps „Oase“ (2009), „Robust“ (2010)

**Tabelle 30:** Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall (*Meligethes aeneus* F., RGK), der Schoten mit Ausbohröffnung durch den Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull, KSR) je Hauptschotenstand sowie prozentualer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) und Pflanzenschutzmittelvariante im Versuchsjahr 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. Var. 1 = u. K., Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ; n = 4 je Variante mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps und 40 beim Rübsen.

|             | Kultur* | Var. | befallsfreie Schoten |      | Stielchen, RGK |      | Ausbohr, KSR |      | Gesamt-schotenansatz |     |
|-------------|---------|------|----------------------|------|----------------|------|--------------|------|----------------------|-----|
|             |         |      | abs.                 | %    | abs.           | %    | abs.         | %    | abs.                 | %   |
| <b>2011</b> | Rübsen  | 1    | 5,5a                 | 52,4 | 5,0a           | 47,6 | 0,0a         | 0,0  | 10,5a                | 100 |
|             | Rübsen  | 2    | 8,5bc                | 58,6 | 5,0ab          | 34,5 | 1,0a         | 6,9  | 14,5b                | 100 |
|             | Rübsen  | 3    | 6,5b                 | 52,0 | 5,0b           | 40,0 | 1,0a         | 8,0  | 12,5b                | 100 |
|             | Rübsen  | 4    | 9,0c                 | 69,2 | 4,0a           | 30,8 | 0,0b         | 0,0  | 13,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 1    | 7,0a                 | 71,0 | 2,0a           | 19,0 | 1,5ab        | 10,0 | 10,5ab               | 100 |
|             | Raps MS | 2    | 8,0a                 | 66,7 | 3,0ab          | 25,0 | 1,0ab        | 8,3  | 12,0ab               | 100 |
|             | Raps MS | 3    | 8,0a                 | 61,5 | 3,0ab          | 23,1 | 2,0b         | 15,4 | 13,0c                | 100 |
|             | Raps MS | 4    | 8,0a                 | 66,7 | 3,0b           | 25,0 | 1,0a         | 8,3  | 12,0b                | 100 |
|             | Raps RS | 1    | 4,0a                 | 57,1 | 2,0a           | 28,6 | 1,0ab        | 14,3 | 7,0a                 | 100 |
|             | Raps RS | 2    | 3,0a                 | 42,9 | 4,0b           | 57,1 | 0,0a         | 0,0  | 7,0a                 | 100 |
|             | Raps RS | 3    | 4,5bc                | 42,9 | 5,0b           | 47,6 | 1,0a         | 9,5  | 10,5b                | 100 |
|             | Raps RS | 4    | 5,0c                 | 50,0 | 4,0b           | 40,0 | 1,0b         | 10,0 | 10,0b                | 100 |

\* Rübsen „Largo“  
Raps „Oase“, „Robust“

(Stielchen) in der Spinosad-Variante (Var. 3), wie im Jahr 2009 beobachtet, konnte auch im Jahr 2011 nicht festgestellt werden.

Der Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Schotenschädlinge am Standort Trenthorst (Blockanlage) wird nur für den Rapsglanzkäfer (schotenlose Stielchen) dargestellt, da die Schädigung sowohl durch die Kohlschotenmücke, als auch den Kohlschotenrüssler bei nahezu 0 % lag.

#### 4.10.4. Standort Trenthorst (Blockanlage), 2009

Die Ergebnisse am Standort Trenthorst wurden im Jahr 2009 durch eine massive Knospenwelke beeinflusst (nicht dargestellt). Letztendlich wurden nur zwei befallsfreie Schoten ausgebildet und ein bis zwei Stielchen. Folglich ließen sich im Jahr 2009 auch keine statistisch nachweisbaren Effekte der angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung des Rapsglanzkäfers nachweisen (Tab. 31, S. 123). Die Anwendung von 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (Var. 2) hatte nicht, wie im Jahr 2009 am Standort Dahnsdorf beobachtet, eine Herabsetzung des Rapsglanzkäferschadens (Stielchen) zur Folge.

#### 4.10.5. Standort Trenthorst (Blockanlage), 2010

Im Jahr 2010 spielte die Knospenwelke eine nur untergeordnete Rolle – ihr Anteil lag bei deutlich unter 10 %. Der Anteil der Schädigung durch den Rapsglanzkäfer am Gesamtschotenansatz betrug maximal etwa 14 % (Tab. 31). Somit waren deutlich über 80 % der Schoten befallsfrei. Die Variante Käfersammelmaschine (Var. 6) wies die signifikant stärkste Schädigung durch den Rapsglanzkäfer (14,4 %) und tendenziell den niedrigsten Anteil befallsfreier Schoten (ca. 85,6 %) auf.

**Tabelle 31:** Median der Anzahl der befallsfreien Schoten und der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall (*Meligethes aeneus* F., RGK) je Hauptschotenstand sowie prozentualer Anteil am Gesamtschotenansatz in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage).

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 6 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl, Var. 4 = 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl.

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin), Var. 4 = 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>, Var. 5 = 500 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit), Var. 6 = Käfersammelmaschine. Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ; n = 4 je Variante mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps und beim Rübsen.

|              | Var. | befallsfreie Schoten |      | Stielchen, RGK |      | Gesamt-schotenansatz |     |
|--------------|------|----------------------|------|----------------|------|----------------------|-----|
|              |      | abs.                 | %    | abs.           | %    | abs.                 | %   |
| <b>2009*</b> | 1    | 2,0a                 | 50,0 | 2,0 a          | 50,0 | 4,0 a                | 100 |
|              | 2    | 2,0b                 | 66,6 | 1,0 a          | 33,3 | 3,0 a                | 100 |
|              | 3    | 2,4b                 | 54,5 | 2,0 a          | 45,5 | 4,4 a                | 100 |
|              | 4    | 2,0b                 | 50,0 | 2,0 a          | 50,0 | 4,0 a                | 100 |
| <b>2010*</b> | 1    | 41,5a                | 87,4 | 6,0 a          | 12,6 | 47,5 a               | 100 |
|              | 2    | 41,0a                | 89,1 | 5,0 a          | 10,9 | 46,0 a               | 100 |
|              | 3    | 42,0a                | 89,3 | 5,0 a          | 10,7 | 47,0 a               | 100 |
|              | 4    | 43,0a                | 87,8 | 6,0 a          | 12,2 | 49,0 a               | 100 |
|              | 5    | 42,0a                | 87,5 | 6,0 ab         | 12,5 | 48,0 a               | 100 |
|              | 6    | 41,5a                | 85,6 | 7,0 b          | 14,4 | 48,5 a               | 100 |

\* Raps „Robust“ (2009), „Lorenz“ (2010)

#### **4.11. Regulierung der Schotenschädlinge durch den Mischanbau mit Rübsen**

Für die tabellarische Darstellung des Einflusses des Rübsens auf die Schotenschädigung der Rapspflanzen in den beiden Anbausystemen am Standort Dahnsdorf wurde die unbehandelte Kontrolle ausgewählt, um die Ergebnisse mit den Versuchsergebnissen der Standorte Trenthorst (Großparzelle) und Liemehna vergleichen zu können. Für den Standort Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) wurde die Schädigung durch den Kohlschotenrüssler nicht dargestellt, da diese in allen drei Versuchsjahren bei 0 % lag.

##### **4.11.1. Standort Dahnsdorf, 2009**

In der Mischsaat waren zwischen Raps und Rübsen keine statistisch nachweisbaren Unterschiede festzustellen. Es wurden etwa 25 Gesamtschotenansätze ausgebildet (Tab. 32, S. 125). Die Ausbildung schotenloser Stielchen (Rapsglanzkäfer) war beim Rübsen mit 44 % des Gesamtschotenansatzes gegenüber 40 % beim Raps etwas erhöht. Hingegen war der Raps der Mischsaat mit 16 % stärker durch die Kohlschotenmücke (aufgeplatzte Schoten) geschädigt als der Rübsen (12 %). Letztendlich betrug der Anteil befallsfreier Schoten beim Rübsen 44 % und beim Raps 40 %. Statistisch absichern ließ sich dieser Unterschied dennoch nicht. Der Raps in der Reinsaat bildete mehr Gesamtschotenansätze (29) gegenüber dem Raps in der Mischsaat (25) aus. Statistisch absicherbar war der Unterschied allerdings nicht. Der Raps in der Reinsaat wurde mit 38 % nur unwesentlich schwächer von den Rapsglanzkäfern (Stielchen) geschädigt als der Raps in der Mischsaat (40 %). Der Anteil aufgeplatzter Schoten durch die Kohlschotenmücke fiel beim Raps in der Reinsaat mit ca. 7 % gegenüber 16 % beim Raps in der Mischsaat deutlich, jedoch nicht signifikant, niedriger aus. Letztendlich wies der Raps in der Reinsaat im Gegensatz zum Raps in der Mischsaat mit ca. 52 % gegenüber 40 % einen deutlich höheren Anteil befallsfreier Schoten auf. Der Unterschied wurde auch bei Betrachtung der absoluten Zahlen deutlich, konnte aber statistisch nicht abgesichert werden.

##### **4.11.2. Standort Dahnsdorf, 2010**

In der Mischsaat wies der Rübsen mit 29,5 gegenüber dem Raps einen signifikant höheren Gesamtschotenansatz auf (Tab. 32, S. 125). In Relation hierzu

**Tabelle 32:** Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall (*Meligethes aeneus* F., RGK), der Schoten mit Ausbohröffnung durch den Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull, KSR), der aufgeplatzten Schoten durch die Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae* Winn., KSM) je Hauptschotenstand sowie relativer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf. Dargestellt ist die Schädigung der Hauptschotenstände in der unbehandelten Kontrolle. Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ; kleine Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, große Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS;  $n = 4$  je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten beim Raps und 40 (2009 und 2011) bzw. 80 (2010) beim Rübsen.

|             |         | befallsfreie Schoten |      | Schotenschädigung durch... |      |        |      |        |      | Gesamt-schotenansatz |     |
|-------------|---------|----------------------|------|----------------------------|------|--------|------|--------|------|----------------------|-----|
|             |         |                      |      | ...RGK                     |      | ...KSR |      | ...KSM |      |                      |     |
|             | Kultur* | abs.                 | %    | abs.                       | %    | abs.   | %    | abs.   | %    | abs.                 | %   |
| <b>2009</b> | Rübsen  | 11,0a                | 44,0 | 11,0a                      | 44,0 | 0,0a   | 0,0  | 3,0a   | 12,0 | 25,0a                | 100 |
|             | Raps MS | 10,0aA               | 40,0 | 10,0aA                     | 40,0 | 1,0aA  | 4,0  | 4,0aA  | 16,0 | 25,0aA               | 100 |
|             | Raps RS | 15,0 A               | 51,8 | 11,0 A                     | 38,0 | 1,0 A  | 3,4  | 2,0 A  | 6,8  | 29,0 A               | 100 |
| <b>2010</b> | Rübsen  | 7,5b                 | 25,4 | 16,0b                      | 54,2 | 0,0a   | 0,0  | 6,0b   | 20,4 | 29,5b                | 100 |
|             | Raps MS | 3,0aA                | 16,6 | 12,0aA                     | 66,6 | 0,0aA  | 0,0  | 5,0aA  | 27,8 | 18,0aA               | 100 |
|             | Raps RS | 3,0 A                | 16,2 | 11,5 A                     | 62,2 | 0,0 A  | 0,0  | 4,0 A  | 21,6 | 18,5 B               | 100 |
| <b>2011</b> | Rübsen  | 5,5a                 | 35,5 | 5,0b                       | 32,3 | 0,0a   | 0,0  | 5,0a   | 32,3 | 15,5b                | 100 |
|             | Raps MS | 7,0bA                | 48,3 | 2,0aA                      | 13,8 | 1,5bA  | 10,3 | 4,0aA  | 27,6 | 14,5bB               | 100 |
|             | Raps RS | 4,0 A                | 36,4 | 2,0 A                      | 18,2 | 1,0 A  | 9,0  | 4,0 A  | 36,4 | 11,0 A               | 100 |

\* Rübsen „Largo“ (2009, 2010 und 2010)

Raps „Oase“ (2009), „Robust“ (2010 und 2011)

war die Schädigung durch die Kohlschotenmücke mit 20,4 % beim Rübsen signifikant schwächer ausgeprägt. Auch die Ausbildung schotenloser Stielchen durch den Rapsglanzkäfer fiel beim Rübsen mit 54,2 % signifikant niedriger aus als beim Raps in der Mischsaat (66,6 %). Somit bildete der Rübsen einen signifikant höheren Anteil befallsfreier Schoten (ca. 25 %) im Vergleich zum Raps (ca. 16,6 %) aus. Bei den Rapspflanzen in den beiden Anbausystemen konnte ein nahezu identischer Gesamtschotenansatz beobachtet werden (ca. 18). Auch die Schotenverluste durch die Schotenschädlinge waren nahezu identisch, so dass letztendlich auch eine gleiche Anzahl befallsfreier Schoten ausgebildet werden konnte.

#### 4.11.3. Standort Dahnsdorf, 2011

Im Jahr 2011 wies in der Mischsaat der Rübsen mit 15,5 gegenüber dem Raps einen nur minimal höheren Gesamtschotenansatz auf (Tab. 32). Die Schädigung durch die Kohlschotenmücke (aufgeplatzte Schoten) war bei beiden Kulturen etwa gleich. Der Raps in der Mischsaat wies gegenüber dem Rübsen eine statistisch höhere Anzahl von Schoten mit Ausbohröffnungen (Kohlschotenrüssler) auf, wenngleich der Schaden mit 1,5 beschädigten Schoten sehr gering war (1,5). Die Schotenstände des Rübsens wiesen mit ca. 32 % ausgebildeter schotenloser Triebe

eine statistisch absicherbare stärkere Schädigung durch den Rapsglanzkäfer gegenüber dem Raps (ca. 14 %) auf. Letztendlich bildete der Raps in der Mischsaat mit fast 49 % gegenüber etwa 35 % signifikant mehr befallsfreie Schoten im Vergleich zum Rübsen aus. Der Raps in der Reinsaat bildete mit 11 signifikant weniger Gesamtschotenansätze verglichen mit dem Raps in der Mischsaat (14,5) aus. Die Schädigung durch die jeweiligen Schotenschädlinge war bei den beiden Rapskulturen in etwa gleich, so dass der Raps in der Mischsaat signifikant mehr befallsfreie Schoten (7) gegenüber dem Raps in der Mischsaat (4) ausbildete.

#### **4.11.4. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009**

Am Standort Liemehna wurden im Jahr 2009 bis zu 45 Gesamtschotenansätze ausgebildet. Der Vergleich in der Mischsaat zwischen Raps und Rübsen ergab für den Rübsen signifikant weniger Gesamtschotenansätze (32,5) im Gegensatz zum Raps (41) (Tab. 33, S. 127). Der Raps in der Mischsaat wurde allerdings signifikant stärker durch den Rapsglanzkäfer (Stielchen) und die Kohlschotenmücke (aufgeplatzte Schoten) geschädigt. Letztendlich wies der Raps dennoch eine signifikant höhere Anzahl befallsfreier Schoten (32) gegenüber dem Rübsen (26) auf. Der Vergleich der Rapspflanzen in den beiden Anbausystemen ergab für den Raps in der Reinsaat mit 45 einen höheren Anteil der Gesamtschotenansätze gegenüber 41 beim Raps in der Mischsaat. Die Rapspflanzen beider Anbausysteme wurden etwa gleich stark durch den Rapsglanzkäfer und die Kohlschotenmücke geschädigt, so dass der Raps in der Reinsaat eine signifikant höhere Anzahl befallsfreier Schoten ausbilden konnte.

Wegen der starken Knospenwelke am Standort Trenthorst im Jahr 2009 (nicht dargestellt) wurden nur zwischen zwei und fünf befallsfreie Schoten sowie zwei bis elf Stielchen ausgebildet. Während sich die Rapskulturen in den beiden Anbausystemen nicht unterschieden, bildete der Rübsen mit 16 viermal so viele Gesamtschotenansätze aus (Tab. 34, S. 127). Allerdings bildete der Rübsen auch signifikant mehr schotenlose Stielchen (11) infolge von Rapsglanzkäferbefall aus. Letztendlich wies der Rübsen mit fünf immer noch mehr als doppelt so viele befallsfreie Schoten gegenüber dem Raps in der Mischsaat auf. Dies konnte auch statistisch nachgewiesen werden. Zwischen den Rapspflanzen in den beiden Anbausystemen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.



**Tabelle 33:** Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F., RGK), der aufgeplatzten Schoten durch die Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae* Winn., KSM) je Hauptschotenstand sowie relativer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Liemehna. Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ; kleine Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, große Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS; n = 4 je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten.

|             | Kultur*        | befallsfreie Schoten |      | Stielchen, RGK |      | aufgeplatzt, KSM |      | Gesamt-schotenansatz |     |
|-------------|----------------|----------------------|------|----------------|------|------------------|------|----------------------|-----|
|             |                | abs.                 | %    | abs.           | %    | abs.             | %    | abs.                 | %   |
| <b>2009</b> | <b>Rübsen</b>  | 26,0a                | 80,0 | 6,5a           | 20,0 | 0,0a             | 0,0  | 32,5a                | 100 |
|             | <b>Raps MS</b> | 32,0bA               | 78,0 | 8,0bA          | 19,5 | 1,0bA            | 2,5  | 41,0bA               | 100 |
|             | <b>Raps RS</b> | 37,0 B               | 82,2 | 7,0 A          | 15,5 | 1,0 A            | 2,3  | 45,0 A               | 100 |
| <b>2010</b> | <b>Rübsen</b>  | 34,0a                | 61,8 | 19,0b          | 34,5 | 2,0b             | 3,7  | 55,0a                | 100 |
|             | <b>Raps MS</b> | 48,5bA               | 78,9 | 12,0aA         | 19,5 | 1,0aA            | 1,6  | 61,5bA               | 100 |
|             | <b>Raps RS</b> | 50,0 A               | 80,6 | 11,0 A         | 17,7 | 1,0 A            | 1,7  | 62,0 A               | 100 |
| <b>2011</b> | <b>Rübsen</b>  | 11,0a                | 57,9 | 5,0b           | 26,3 | 3,0b             | 15,8 | 19,0a                | 100 |
|             | <b>Raps MS</b> | 11,0aA               | 64,8 | 3,0aA          | 17,6 | 3,0bB            | 17,6 | 17,0aA               | 100 |
|             | <b>Raps RS</b> | 11,0 A               | 71,0 | 2,5 A          | 16,1 | 2,0 A            | 12,9 | 15,5 A               | 100 |

\* Rübsen „Largo“, Raps „Express“ & „Vision“

**Tabelle 34:** Median der Anzahl der befallsfreien Schoten, der schotenlosen Stielchen durch Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F., RGK), der aufgeplatzten Schoten durch die Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae* Winn., KSM) je Hauptschotenstand sowie relativer Anteil an dem Gesamtschotenansatz, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Großparzelle). Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ; kleine Buchstaben: Vergleich Rübsen vs. Raps MS, große Buchstaben: Raps MS vs. Raps RS, n = 4 je Kultur mit gesamt 80 Stichprobenwerten.

|             | Kultur*        | befallsfreie Schoten |      | Stielchen, RGK |      | aufgeplatzt, KSM |     | Gesamt-schotenansatz |     |
|-------------|----------------|----------------------|------|----------------|------|------------------|-----|----------------------|-----|
|             |                | abs.                 | %    | abs.           | %    | abs.             | %   | abs.                 | %   |
| <b>2009</b> | <b>Rübsen</b>  | 5,0b                 | 31,3 | 11,0b          | 68,7 | 0,0a             | 0,0 | 16,0b                | 100 |
|             | <b>Raps MS</b> | 2,0aA                | 50,0 | 2,0aA          | 50,0 | 0,0aA            | 2,5 | 4,0aA                | 100 |
|             | <b>Raps RS</b> | 2,0 A                | 50,0 | 2,0 A          | 50,0 | 1,0 B            | 2,3 | 4,0 A                | 100 |
| <b>2010</b> | <b>Rübsen</b>  | 35,5b                | 66,6 | 16,0b          | 30,5 | 1,0a             | 2,9 | 52,5b                | 100 |
|             | <b>Raps MS</b> | 31,0bB               | 71,3 | 10,5aA         | 24,1 | 2,0bA            | 4,6 | 43,5aA               | 100 |
|             | <b>Raps RS</b> | 27,0 A               | 61,4 | 15,0 B         | 34,1 | 2,0 A            | 4,5 | 44,0 A               | 100 |

\* Rübsen „Largo“ (2009 und 2010), Raps „Robust“ (2009 und 2010)

#### **4.11.5. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010**

Im Jahr 2010 wurden am Standort Liemehna im Vergleich zum Jahr 2009 mit 62 Gesamtschotenansätzen bis zu 50 % mehr Gesamtschotenansätze ausgebildet (Tab. 33, S. 127). In der Mischsaat bildete der Raps wiederum signifikant mehr Gesamtschotenansätze als der Rübsen aus. Der Rübsen wurde darüber hinaus signifikant stärker durch den Rapsglanzkäfer und die Kohlschotenmücke geschädigt, so dass letztendlich auch die Zahl der befallsfreien Schoten beim Raps mit 48,5 gegenüber 34 beim Rübsen signifikant erhöht war. Zwischen den Rapspflanzen der beiden Anbausysteme war kein Unterschied feststellbar.

In Trenthorst wurden im Jahr 2010 mit über 52 Gesamtschotenansätzen deutlich mehr ausgebildet als im Jahr zuvor (Tab. 34, S. 127). In der Mischsaat bildete der Rübsen signifikant mehr Gesamtschotenansätze (52,5) als der Raps aus (43,5). Der Rübsen wurde jedoch auch deutlich stärker von dem Rapsglanzkäfer geschädigt. So bildete der Rübsen letztendlich mit 35,5 gegenüber 31 zwar immer noch mehr Gesamtschotenansätze als der Raps aus, dieser Unterschied war aber statistisch nicht nachweisbar. Die Rapspflanzen der beiden Anbausysteme unterschieden sich nicht für die Anzahl der Gesamtschotenansätze. Angesichts einer signifikant stärkeren Ausbildung von Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall beim Raps in der Reinsaat, bildete der Raps in der Mischsaat mit 31 signifikant mehr befallsfreie Schoten als der Raps in der Reinsaat (27) aus.

#### **4.11.6. Standort Liemehna, 2011**

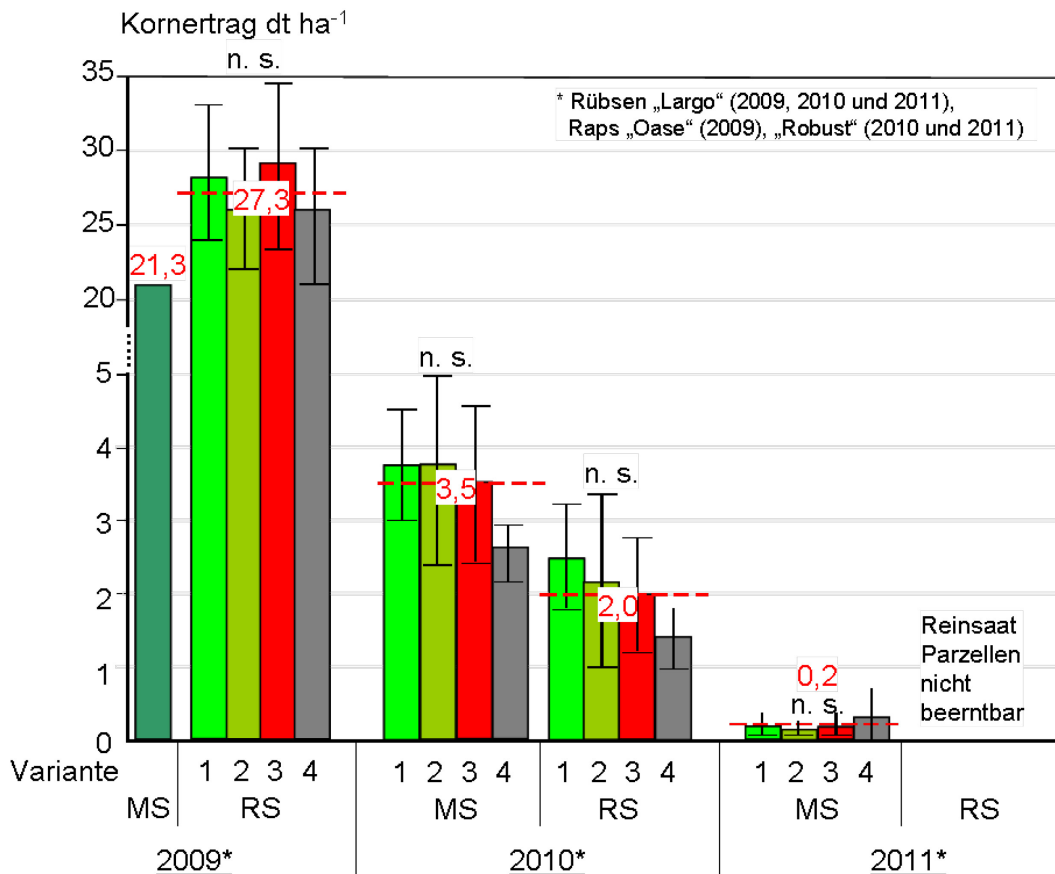
Im Jahr 2011 wurden am Standort Liemehna nur maximal 19 Gesamtschotenansätze ausgebildet. Dies war der niedrigste Wert der drei Versuchsjahre. Zwischen den Kulturen konnten so gut wie keine Befallsunterschiede festgestellt werden, so dass letztendlich bei allen drei Kulturen je Hauptschotenstand 11 befallsfreie Schoten ausgebildet wurden.

### **4.12. Ertrag und Ertragsstruktur**

#### **4.12.1. Standort Dahnsdorf, 2009**

Am Standort Dahnsdorf lag der mittlere Kornertrag im Jahr 2009 in der Raps-Reinsaat bei ca. 27 dt ha<sup>-1</sup> (Abb. 40, S. 129). Zwischen den Varianten ergaben sich in der Reinsaat nur geringe und statistisch nicht nachweisbare Ertragsunterschiede. Der höchste Ertrag wurde mit ca. 29 dt ha<sup>-1</sup> in der Behandlung mit Natur-Pyrethrum/Spinosad (Var. 3), der niedrigste mit ca. 26 dt ha<sup>-1</sup> in der Behandlung mit

Natur-Pyrethrum (Var. 2) ermittelt. Das Tausendkorngewicht (TKG) war mit ca. 6 g in allen vier Varianten fast identisch (Tab. 35, S. 130). Es wurden im Mittel der Varianten 27 Körner je Schote ausgebildet. Der niedrigste Wert wurde in der Variante 4 mit 25 Körnern und der höchste mit 29 Körnern in der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) erreicht (Tab. 34, S. 127). Im Jahr 2009 konnte der Ertrag, wie auch das TKG, in der Mischsaatfläche nicht variantenspezifisch ermittelt werden. Der mittlere



**Abbildung 40:** Mittlerer Kornertrag, differenziert nach Raps-Rübsen-Mischsaat (MS), Raps in der Reinsaat (RS) und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

**2009:** Var. 1 = u. K., Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

**2010:** Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

**2011:** Var. 1 = u. K., Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer). Simulate Verfahren  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, Fehlerbalken: Standardabweichung des Mittelwertes. (2009: in der Mischsaat keine variantenspezifische Ernte, 2011: Beerntung der Parzellen der Reinsaat nicht möglich).

**Tabelle 35:** Mittleres Tausendkorngewicht (TKG) und mittlere Anzahl Körner je Schote (n = 20), differenziert nach Raps und Rübsen in der Mischsaat (MS), Raps in der Mischsaat (RaMS), Raps in der Reinsaat (RaRS) und Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 am Versuchsstandort Dahnsdorf.

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 146 g ha<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl (gegen Rapsglanzkäfer).

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) (gegen Rapsglanzkäfer).

2011: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler), Var. 3 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Rapsglanzkäfer), Var. 4 = 2x 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad (gegen Stängelrüssler); 24 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) + 15 l ha<sup>-1</sup> Rapsöl (gegen Rapsglanzkäfer). (2009 in der Mischsaat keine variantenspezifische Ernte, 2011 Beerntung der Parzellen der Reinsaat nicht möglich).

| TKG  | 2009*   | 2010*   | 2011*         |
|------|---------|---------|---------------|
| Var. | MS RaRS | MS RaRS | Rüb RaMS RaRS |
| 1    | 5,8     | 3,8 4,3 |               |
| 2    | 3,8 6,1 | 3,7 5,3 | 3,1 5,3 4,4   |
| 3    | 6,0     | 3,5 4,7 |               |
| 4    | 5,9     | 3,4 4,9 |               |

| Körner je Schote | 2009*         | 2010*         | 2011*         |
|------------------|---------------|---------------|---------------|
| Var.             | Rüb RaMS RaRS | Rüb RaMS RaRS | Rüb RaMS RaRS |
| 1                | - 21 29       | 17 21 19      | 11 16 13      |
| 2                | - 25 28       | 19 21 23      | 15 18 14      |
| 3                | - 25 27       | 19 20 20      | 15 17 15      |
| 4                | - 25 25       | 18 18 17      | 14 19 13      |

\* Rübsen „Largo“ (2009, 2010 und 2011),  
Raps „Oase“ (2009), „Robust“ (2010 und 2011)

Kornertrag lag mit ca. 21 dt ha<sup>-1</sup> in der Raps-Mischsaat deutlich unter dem der Reinsaat. Das mittlere TKG lag mit 3,8 g (Raps und Rübsen zusammen) ebenfalls deutlich unter-dem Wert der Reinsaatfläche. In der Mischsaat wurden verglichen mit der Reinsaat mit durchschnittlich 24 Körnern geringfügig weniger Körner je Schote ausgebildet. Die unbehandelte Kontrolle lag mit 21 deutlich unter, die übrigen Varianten mit 25 Körnern leicht über dem Mittel.

#### 4.12.2. Standort Dahnsdorf, 2010

Im Jahr 2010 fiel der Ertrag mit deutlich weniger als 5 dt ha<sup>-1</sup> sowohl in der Rein- wie auch in der Mischsaat extrem niedrig aus (Abb. 40, S. 129). Der höhere Ertrag wurde in diesem Versuchsjahr mit 3,5 dt ha<sup>-1</sup> im Mittel in der Mischsaat erzielt. Zwischen den Behandlungsvarianten ergaben sich keine signifikanten Ertragsdifferenzen. Tendenziell wiesen die unbehandelten Kontrollen den höchsten

Ertrag auf. Beim TKG fiel im Jahr 2010 der Unterschied zu 2009 je nach Kultur sehr unterschiedlich aus: Während das TKG sich in der Reinsaat mit durchschnittlich 4,8 g deutlich von 2009 (6 g) unterschied, fiel der Unterschied in der Mischsaat mit durchschnittlich 3,6 g im Vergleich zu 2009 (3,8 g) nur minimal aus. Im Jahr 2010 schwankte das TKG in der Reinsaat stark in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante. Das niedrigste TKG wurde in der unbehandelten Kontrolle mit 4,3 g, das höchste mit 5,3 g in der einmaligen Behandlung mit Spinosad (Var. 2) erreicht (Tab. 35, S. 130).

#### **4.12.3. Standort Dahnsdorf, 2011**

Im letzten Versuchsjahr konnten nur die Mischsaatparzellen beerntet werden (Kap. 3.2., S. 40). Der Kornertrag fiel mit durchschnittlich  $0,2 \text{ dt ha}^{-1}$  extrem niedrig aus (Abb. 40, S. 129). Signifikante Ertragsunterschiede zwischen den Varianten ergaben sich nicht. Das TKG lag in der Reinsaat mit 4,4 g im Mittel etwas unter dem von 2010 und deutlich unter dem aus dem Jahr 2009 (6 g). Der Raps in der Mischsaat bildete mit 5,3 g ein um knapp ein Gramm höheres TKG als der Raps in der Reinsaat aus. Hingegen war das TKG des Rübens mit 3,1 g um ein bzw. zwei Gramm gegenüber den Rapskulturen reduziert (Tab. 35, S. 130). Die Anzahl Körner je Schote war die niedrigste der drei Versuchsjahre. Der Rüben bildete knapp 14 Körner je Schote, der Raps in der Reinsaat bildete im Mittel 17,5 Körner je Schote aus. Deutlich weniger Körner je Schote bildete der Raps in der Reinsaat aus (knapp 14 Körner). Die unbehandelte Kontrolle wies bei den Rapskulturen tendenziell, beim Rüben mit 11 deutlich die niedrigste Anzahl an Körnern je Schote auf. Zwischen den Pflanzenschutzmittelvarianten war kein eindeutiger Unterschied erkennbar, (Tab. 35, S. 130).

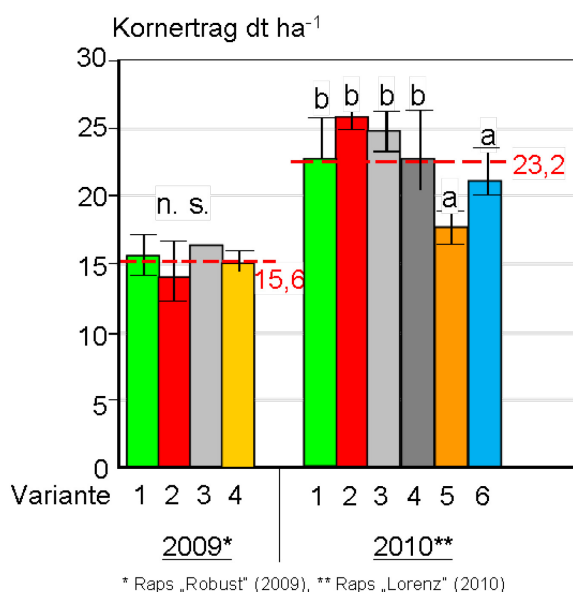
#### **4.12.4. Standort Trenthorst (Blockanlage), 2009**

Am Standort Trenthorst lag der mittlere Kornertrag im Jahr 2009 bei ca.  $15 \text{ dt ha}^{-1}$  (Abb. 41, S. 132). Damit war er um  $12 \text{ dt ha}^{-1}$  niedriger als am Standort Dahnsdorf (Abb. 40, S. 129). Wie auch am Standort Dahnsdorf unterschieden sich die Erträge der einzelnen Pflanzenschutzmittelvarianten nur wenig; es konnten keine statistisch nachweisbaren Unterschiede festgestellt werden. Der höchste Ertrag wurde mit  $16,5 \text{ dt ha}^{-1}$  in der doppelten Behandlung mit jeweils  $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2 + 12 \text{ l ha}^{-1}$  Sonnenblumenöl (Var. 3), der niedrigste mit knapp  $14 \text{ dt ha}^{-1}$  in der Behandlung mit Spinosad (Var. 2) ermittelt. Das TKG war 2009 mit durchschnittlich

6,5 g sehr hoch, die Varianten unterschieden sich kaum voneinander (Tab. 36, S. 133).

#### 4.12.5. Standort Trenthorst (Blockanlage), 2010

Im Gegensatz zum Standort Dahnsdorf wurde im Jahr 2010 in Trenthorst mit ca. 23 dt ha<sup>-1</sup> im Mittel ein hoher Rapsertrag erzielt (Abb. 41). Die Variante mit Spinosad (Var. 2) erzielte mit mehr als 25 dt ha<sup>-1</sup> den höchsten Ertrag, gefolgt von 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> (Var. 3), Kaolin (Var. 4) und der unbehandelten Kontrolle (Var. 1). Diese Varianten unterschieden sich nicht signifikant. Signifikant unterdurchschnittlich fiel der Ertrag durch den Einsatz der Käfersammelmaschine (Var. 6) und vor allem in der Behandlungsvariante mit gestäubtem Bentonit (Var. 5) aus (ca. 17 dt ha<sup>-1</sup>). Gegenüber dem Jahr 2009 war das TKG 2010 deutlich niedriger und schwankte in allen Varianten um 4,4 g (Tab. 36, S. 133).



**Abbildung 41:** Mittlerer Kornertrag, differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage).

2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 6 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl, Var. 4 = 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl.

2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>, Var. 4 = 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin), Var. 5 = 500 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit), Var. 6 = Käfersammelmaschine (2009 und 2010: Simulate Verfahren  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, Fehlerbalken: Standardabweichung des Mittelwertes).

**Tabelle 36:** Mittleres Tausendkorngewicht (TKG), differenziert nach Pflanzenschutzmittelvariante in den Versuchsjahren 2009 und 2010 am Versuchsstandort Trenthorst (Blockanlage).  
2009: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 6 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub> + 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl, Var. 4 = 12 l ha<sup>-1</sup> Sonnenblumenöl.  
2010: Var. 1 = u. K., Var. 2 = 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad, Var. 3 = 12 kg ha<sup>-1</sup> SiO<sub>2</sub>, Var. 4 = 12 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin), Var. 5 = 500 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit), Var. 6 = Käfersammelmaschine.

**TKG**

| Var. | 2009* | 2010* |
|------|-------|-------|
| 1    | 6,6   | 4,5   |
| 2    | 6,8   | 4,3   |
| 3    | 6,3   | 4,4   |
| 4    | 6,5   | 4,4   |
| 5    | -     | 4,4   |
| 6    | -     | 4,5   |

**4.12.6. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2009**

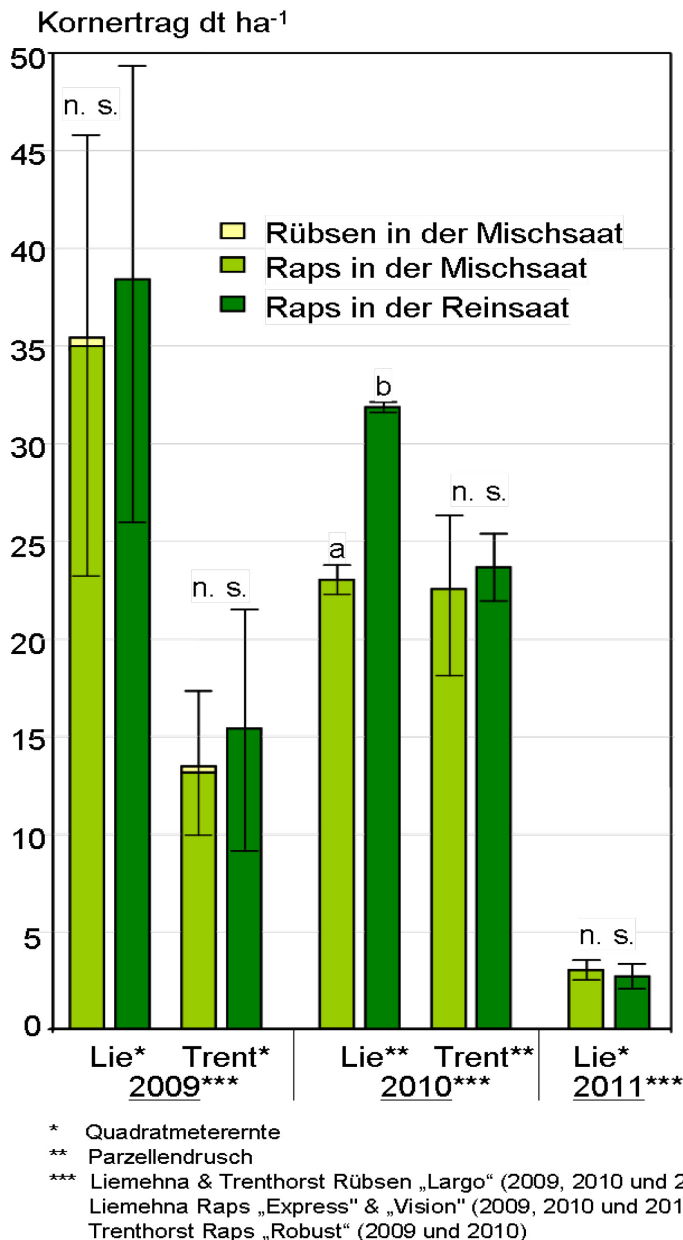
Der Kornertrag der beiden Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) fiel im Jahr 2009 unterschiedlich hoch aus. In Liemehna wurde im Mittel der beiden Kulturvarianten mit mehr als 36 dt ha<sup>-1</sup> fast dreimal so viel geerntet wie am Standort Trenthorst mit ca. 14 dt ha<sup>-1</sup> (Abb. 42, S. 134). An beiden Standorten fiel in der Mischsaat der Kornertrag des Rübens minimal aus. Er betrug am Standort Trenthorst nur 0,1 dt ha<sup>-1</sup> und in Liemehna nur 0,2 dt ha<sup>-1</sup>. Damit lag der relative Ertragsanteil des Rübens am Gesamtkornertrag in der Mischsaatfläche in Trenthorst bei knapp 3 %, am Standort Liemehna bei ca. 0,5 %. An beiden Standorten war ein geringerer Kornertrag in der Misch- gegenüber der Reinsaat zu beobachten. Obwohl die Ertragsdifferenz zur Reinsaat mit 9 % in Liemehna und 12 % in Trenthorst deutlich ausfiel, war eine statistische Absicherung nicht möglich. Am Standort Trenthorst wurde sowohl beim Raps als auch beim Rüben mit 6 bzw. 3,6 g ein ca. 30 % höheres TKG als am Standort in Liemehna (4,5 bzw. 2,8 g) ausgebildet. An beiden Standorten lag das TKG des Rübens deutlich unter dem des Rapses (Tab. 36).

**4.12.7. Standorte Liemehna und Trenthorst (Großparzelle), 2010**

Im Jahr 2010 betrug der mittlere Ertrag am Standort Liemehna ca. 27 dt ha<sup>-1</sup>. Auffällig war der deutliche und auch signifikante Ertragsunterschied von 10 dt ha<sup>-1</sup> zwischen der Rein- und der Mischsaat – der niedrigere Ertrag entfiel auf die Mischsaat (Abb. 42, S. 134). Die Anbausysteme unterschieden sich jedoch nicht in der Anzahl der ausgebildeten Körner je Schote. Sowohl in der Rein- als auch in der

Mischsaat wurden beim Raps ca. 25 Körner ausgebildet. Der Rübsen bildete mit 20 Körnern gegenüber den Rapspflanzen weniger Körner aus. Das TKG war 2010 mit etwa 5 g bei den Rapspflanzen der beiden Anbausysteme leicht erhöht gegenüber 2009. Beim Rübsen war es mit knapp 3 g identisch zum Vorjahr (Tab. 37, S. 135).

Der Kornertrag in Trenthorst war 2010 in der Großparzelle mit ca. 23 dt ha<sup>-1</sup> identisch zu dem aus der Blockanlage. Zwischen der Rein- und der Mischsaat



**Abbildung 42:** Mittlerer Kornertrag, differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat und Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna und Trenthorst (Großparzelle) (2009, 2010 und 2011 Simulate Verfahren  $\alpha = 5\%$ , Fehlerbalken: Standardabweichung des Mittelwertes).



ergaben sich keine signifikanten Differenzen. Tendenziell war der Kornertrag in der Mischsaat etwas niedriger. Das TKG war im Jahr 2010 im Vergleich zu 2009 leicht reduziert. Der Raps in der Mischsaat wies mit 5,2 g ein etwas niedrigeres TKG gegenüber dem Raps in der Reinsaat auf (5,7 g). Das TKG des Rübsens war mit 3,4 g deutlich niedriger.

**Tabelle 37:** Mittleres Tausendkorngewicht (TKG), differenziert nach Rübsen in der Mischsaat, Raps in der Mischsaat, Raps in der Reinsaat in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Liemehna (Lie) und Trenthorst (Großparzelle) sowie Anzahl Körner je Schote (n = 20) in den Versuchsjahren 2010 und 2011 am Versuchsstandort Liemehna.

**Körner je Schote**

| (Lie)   | 2010* | 2011* |
|---------|-------|-------|
| Rübsen  | 20    | 16    |
| Raps MS | 24    | 17    |
| Raps RS | 25    | 16    |

| TKG     | 2009* |       | 2010* |       | 2011* |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | Lie   | Trent | Lie   | Trent | Lie   |
| Rübsen  | 2,8   | 3,6   | 2,9   | 3,4   | 2,7   |
| Raps MS | 4,6   | 6,0   | 4,9   | 5,2   | 3,4   |
| Raps RS | 4,4   | 6,1   | 5,1   | 5,7   | 3,5   |

\* Trenthorst: Rübsen „Largo“, Raps „Robust“

Liemehna: Rübsen „Largo“, Raps „Express“ & „Vision“

#### 4.12.8. Standort Liemehna, 2011

Im Jahr 2011 fiel der Kornertrag am Standort Liemehna extrem niedrig gegenüber den beiden vorangegangenen Versuchsjahren aus (Abb. 42, S. 134). Es wurden weniger als 5 dt ha<sup>-1</sup> geerntet. Unterschiede zwischen Rein- und Mischsaat ergaben sich nicht. Auch die Anzahl der Körner je Schote war mit etwa 16 für alle Kulturen gleich. Besonders das TKG des Rapses fiel in diesem Jahr mit 3,5 g sehr niedrig aus. Noch niedriger war das TKG des Rübsens mit 2,7 g, was sich jedoch kaum von den beiden Vorjahren unterschied (Tab. 37).

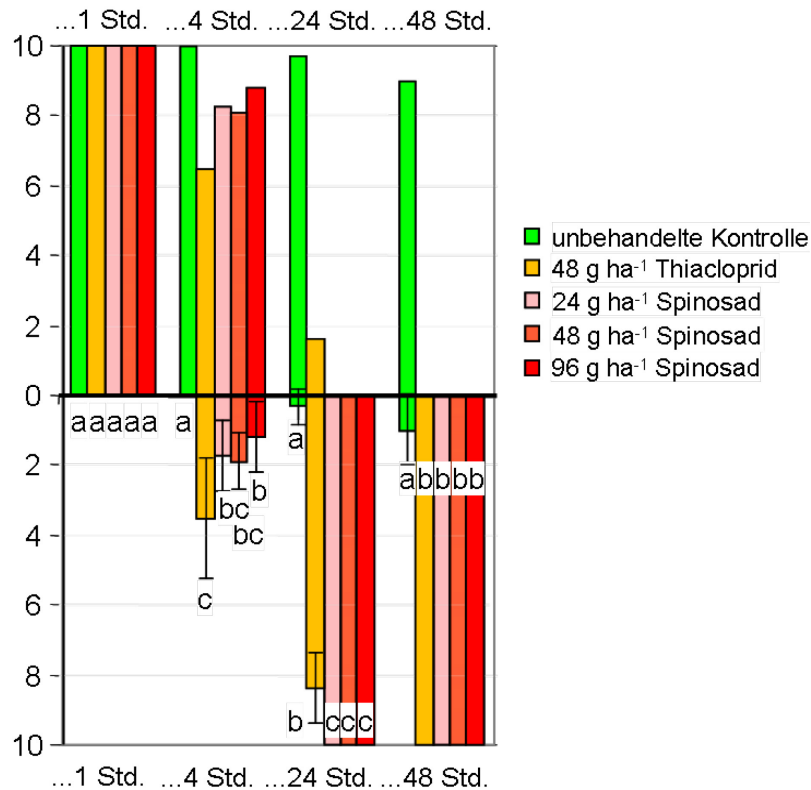
### 4.13. Laborergebnisse zur Wirkung von Pflanzenschutzmitteln

#### 4.13.1. Knospenstandversuche

In den Versuchen wurde unter Laborbedingungen die insektizide und repellente Fraßwirkung der Pflanzenschutzmittel auf Rapsglanzkäfer quantifiziert und der Zeitpunkt der einsetzenden Mortalität nach Anwendung ermittelt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Laborergebnisse mit den Ergebnissen der Freilandversuche



mittlere Anzahl lebender  
Rapsglanzkäfer nach...

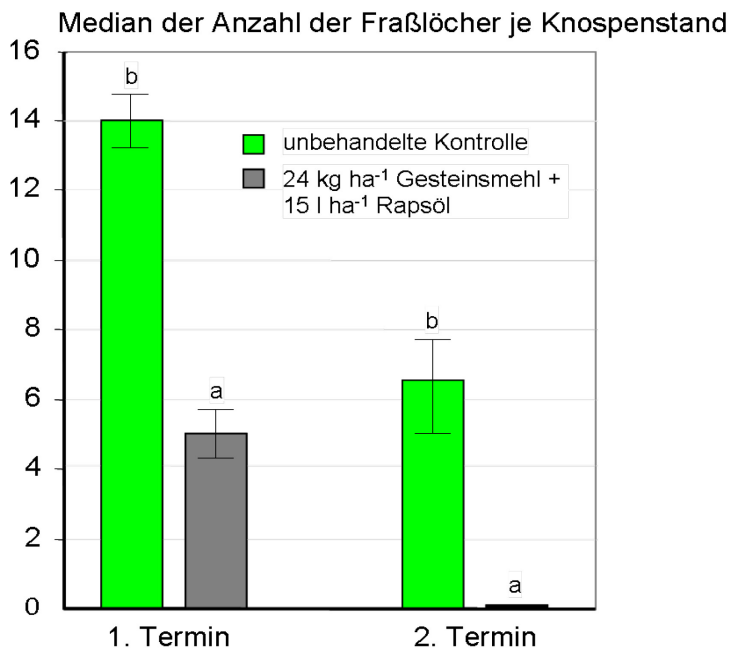


mittlere Anzahl toter  
Rapsglanzkäfer nach...

**Abbildung 44:** Zweiter Knospenstandversuch. Mortalität der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante und der Zeit nach Exposition. Chi<sup>2</sup> Test  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant, n = 4 je Variante mit gesamt 40 Stichprobenwerten. Fehlerbalken: Standardabweichung des Mittelwertes.

der Knospenstände mit SiO<sub>2</sub>/Sonnenblumenöl (Var. 3) bewirkte nur eine minimale Mortalität und war statistisch nicht absicherbar. Bei der zweiten Versuchsdurchführung konnte die signifikant höhere Mortalität in der Behandlung mit Spinosad (Var. 2) reproduziert werden. Für die drei Quassin-Varianten (Var. 5, 6 und 7) war eine Reproduzierbarkeit nicht möglich. Tendenziell zeichnete sich eine beginnende Mortalität erst nach 72 Stunden Versuchsdauer ab (Abb. 43, S. 136).

Bei der Durchführung des zweiten Knospenstandversuches ergab der Vergleich der Spinosad-Aufwandmengen keinen statistisch nachweisbaren Unterschied in der Höhe der Mortalität. Sowohl die volle (96 g ha<sup>-1</sup>) (Var. 5) als auch die 50- (Var 4) und die 25-prozentige Aufwandmenge (Var. 3) von Spinosad verursachten Mortalitäten von knapp 20 % vier Stunden nach Versuchsbeginn (Abb. 44). Bei der Thiaclopid-Variante (Var. 2) konnte nach vier Stunden mit knapp 40 % eine höhere Mortalität gegenüber den Spinosad-Varianten beobachtet werden, die sich im Vergleich zur



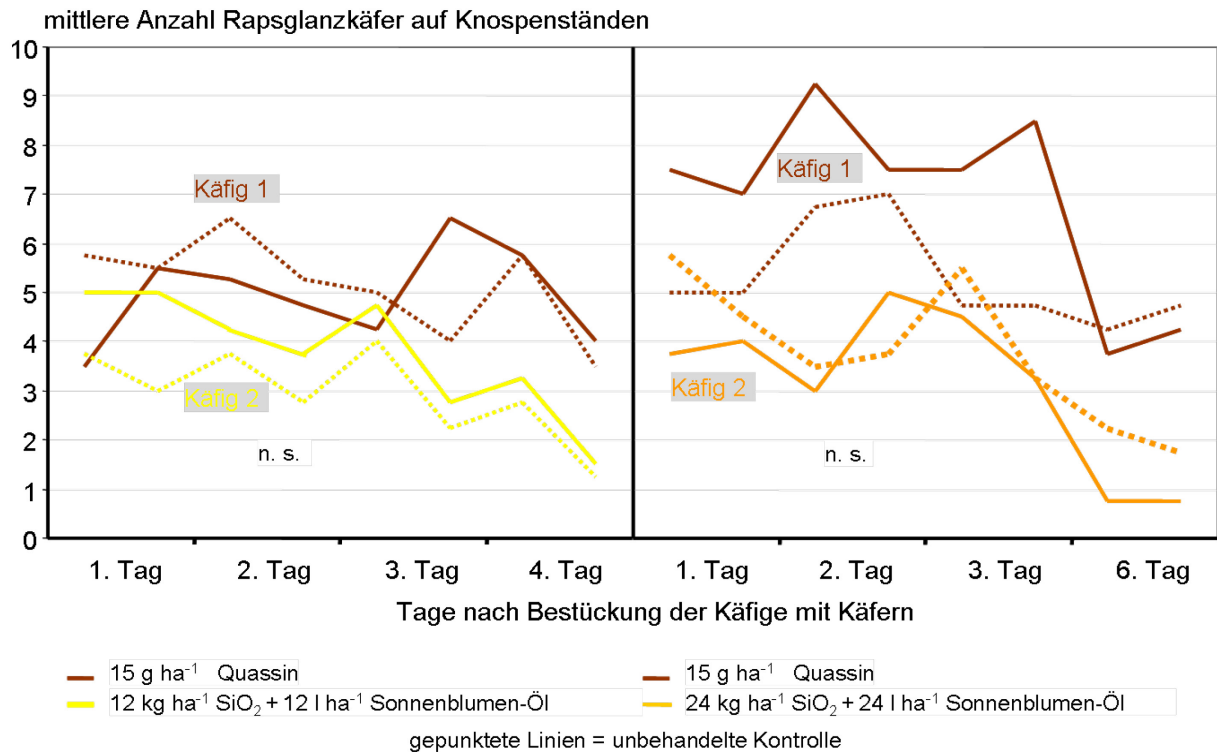
**Abbildung 45:** Dritter Knospenstandversuch. Median der Anzahl der durch den Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) verursachten Fraßlöcher an den Rapsknospenständen nach 5 Tagen Käferbesatz in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante. Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ ,  $n = 6$  je Variante. Fehlerbalken: 25 % und 75 % Quartil.

100-prozentigen Aufwandmenge (Var. 5) von Spinosad statistisch absichern ließ. Nach 24 Stunden änderten sich die Relationen: In der Thiacloprid-Variante betrug die Mortalität nur 85 %, bei allen Spinosad-Varianten hingegen 100 %. 48 Stunden nach Versuchsbeginn war dann auch bei Thiacloprid eine 100-prozentige Mortalität zu verzeichnen.

Beim dritten Knospenstandversuch konnten nach fünf Tagen Rapsglanzkäferbesatz mit je 10 Käfern je Rapsknospenstand bei beiden Versuchsterminen deutliche Unterschiede in der Stärke der Knospenschädigung festgestellt werden. Bei der ersten Versuchsdurchführung konnte die mittlere Anzahl der Fraßlöcher bei der ersten Versuchsdurchführung um zwei Drittel auf 5,5 reduziert werden, bei der zweiten Versuchsdurchführung waren an den behandelten Knospenständen keine Fraßschäden vorhanden (Abb. 45). Damit waren zu beiden Versuchsterminen die Fraßschäden an den Knospen, die mit Kaolin behandelt wurden, signifikant gegenüber der unbehandelten Kontrolle reduziert.

#### 4.13.2. Wahlversuch

Der Versuch sollte Aufschluss geben über eine eventuelle repellente Wirkung der Pflanzenschutzmittel auf die Rapsglanzkäfer. Hierfür hatten die Rapsglanzkäfer in Käfigen die Wahl zwischen behandelten und unbehandelten Rapsknospenständen.

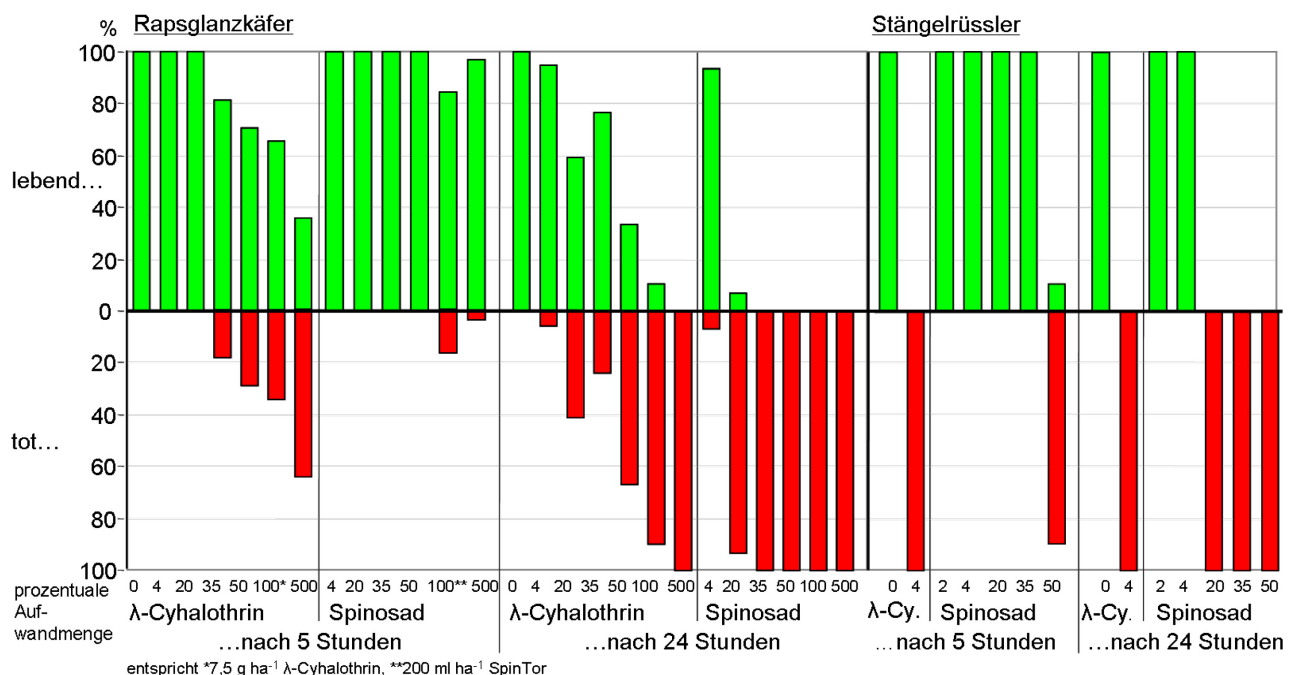


**Abbildung 46:** Wahlversuch. Mittlere Anzahl Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) auf den Rapsknospenständen in Abhängigkeit der Pflanzenschutzmittelvariante und der Zeit nach Exposition. Wilcoxon Test  $\alpha = 5\%$ , n. s. = nicht signifikant,  $n = 4$  je Variante, je Käfig 100 Rapsglanzkäfer. Aus Übersichtsgründen keine Darstellung der Quartile.

Auch hier wurden zur besseren Vergleichbarkeit der Laborergebnisse mit den Ergebnissen unter Freilandbedingungen die getesteten Aufwandmengen der Pflanzenschutzmittel auf einen Hektar hochgerechnet. Die Ergebnisse der beiden Termine des Wahlversuches sind in Abbildung 46 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich bei der Behandlung der Knospen mit  $15 \text{ g ha}^{-1}$  Quassin (Var. 5, linke Grafik) verglichen mit der unbehandelten Kontrolle (Var. 1) keine über die gesamte Versuchsdauer durchgängige, signifikante Präferenz der Käfer für eine der beiden Varianten ausbildete. Ebenfalls keine statistisch absicherbaren Ergebnisse erbrachte auch die Wiederholung des Wahlversuches (rechte Grafik). Hier zeigten die Käfer sogar tendenziell eine Präferenz für die mit  $15 \text{ g ha}^{-1}$  Quassia (Var. 5) behandelten Knospen gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Var. 1). Bei dem Vergleich zwischen den mit  $\text{SiO}_2$ /Sonnenblumenöl behandelten (Var. 3) und den unbehandelten Knospenständen (Var. 1) konnte eine tendenzielle Präferenz der Rapsglanzkäfer für die behandelten Knospenstände beobachtet werden. Eine Verdoppelung der Aufwandmenge führte nur tendenziell zu einer weniger ausgeprägten Präferenz für die behandelten Knospenstände zu Gunsten der unbehandelten Knospenstände.

#### 4.13.3. Glasröhrchentest

Der Glasröhrchentest diente zur Überprüfung der insektiziden Wirkung von verschiedenen Spinosad Aufwandmengen (auf Rapsglanzkäfer und Stängelrüssler) und der generellen Eignung dieses Testdesigns für SpinTor. Zum Vergleich wurde  $\lambda$ -Cyhalothrin (stellvertretend für Pyrethroide der Klasse II) getestet, da der Glasröhrchentest zum Testen der Resistenz des Rapsglanzkäfers gegenüber diesem Wirkstoff bereits standardisiert ist. Die Ergebnisse des Glasröhrchenversuches sind in Abbildung 47 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich die Mortalitäten der Rapsglanzkäfer 5 Stunden nach Exposition mit den Wirkstoffen unterschieden. Bei dem Vertreter der Pyrethroide ( $\lambda$ -Cyhalothrin) wurden Mortalitäten von etwa 20 % bei 35 % der Feldaufwandmenge ( $7,5 \text{ g ha}^{-1}$   $\lambda$ -Cyhalothrin = 100 %) bzw. über 60 % bei 500 % der Feldaufwandmenge erreicht. Demgegenüber konnten bei Spinosad nach 5 Stunden nur sehr geringe Mortalitäten beobachtet werden. 24 Stunden nach Exposition änderte sich dies jedoch deutlich. In der Spinosad-Variante waren ab 35 % der Feldaufwandmenge ( $0,2 \text{ l ha}^{-1}$  = 100 %) alle Käfer tot. Eine vergleichbare Mortalitätsrate konnte beim Pyrethroid erst bei 500 % Feldaufwandmenge nachge-

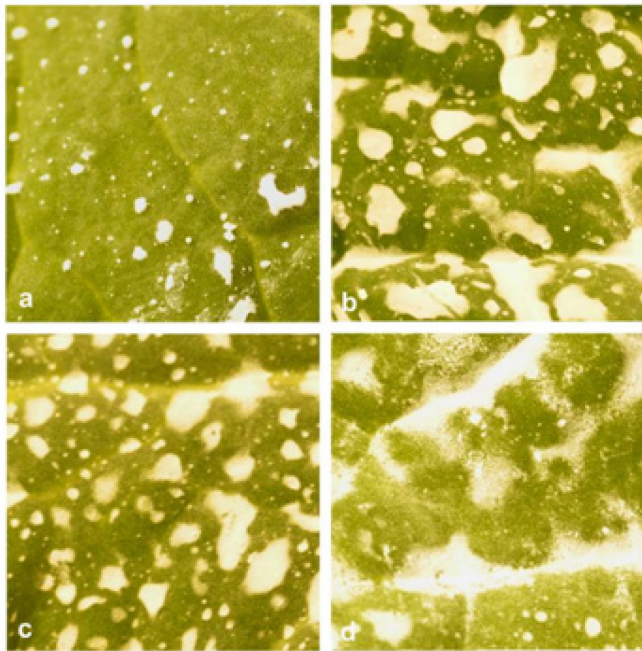


**Abbildung 47:** Glasröhrchentest. Mortalität der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) und Stängelrüssler (*Ceutorhynchus* spp.) beim Glasröhrchenversuch in Abhängigkeit des Wirkstoffes, der Konzentration sowie der Zeit nach Exposition.

wiesen werden. Bei den Stängelrüsslern konnte, ähnlich wie bei den Rapsglanzkäfern, eine zeitlich schnellere Wirkung des Pyrethroids gegenüber Spinosad verzeichnet werden. Eine 100-prozentige Mortalität konnte bereits nach 5 Stunden bei der 4-prozentigen Feldaufwandmenge des Pyrethroids beobachtet werden. Demgegenüber wurden bei Spinosad für eine Mortalität von 90 %, 50 % der Feldaufwandmenge benötigt. 24 Stunden nach Exposition wies auch die 20-prozentige Feldaufwandmenge von Spinosad eine Mortalität von 100 % auf.

#### 4.13.4. Versuche zur Wirkstoffformulierung einer Gesteinsmehlbrühe

Um eine optimale Formulierung der Gesteinsmehlbrühe zu erreichen, wurden Benetzungsversuche an Rapspflanzen mit unterschiedlich hohen Anteilen des Netzmittels Micula® getestet. In Abbildung 48 werden die Auswirkungen der unterschiedlichen Netzmittelmengen gut erkennbar. Ohne die Zugabe des Netzmittels war deutlich der stark abperlende Kutikulaeffekt der Blätter zu erkennen. Mit steigender Netzmittelzugabe wurde dieser Effekt immer schwächer, bei einer Menge von  $15 \text{ l ha}^{-1}$  Micula® bildete sich ein gleichmäßiger Belag auf den Blättern aus. Auf Basis dieser Versuchsergebnisse wurde für die Feldanwendung von  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  Kaolin im Jahr 2011 eine Zugabe von  $15 \text{ l ha}^{-1}$  Micula® festgelegt.



**Abbildung 48:** Benetzungsversuch. Nahaufnahmen der Rapsblätter nach der Anwendung von  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  Gesteinsmehl (Kaolin) mit einem Zusatz von 0 (a), 5 (b), 10 (c) und  $15 \text{ l ha}^{-1}$  Rapsöl (d).

## 5. DISKUSSION

Bei der sich anschließenden Diskussion sollen die in der Einleitung aufgestellten Hypothesen anhand der Versuchsergebnisse überprüft werden. Die Hypothesen lauten wie folgt:

- Rübsen ist für die Rapsschädlinge verglichen mit dem Raps in der Mischsaat attraktiver.
- Der Raps in der Mischsaat ist im Vergleich zum Raps in der Reinsaat signifikant weniger mit Rapsschädlingen befallen.
- Die Mischsaat erzielt gegenüber der Reinsaat einen signifikanten höheren Korn-ertrag.
- Die angewandten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel reduzieren den Befall mit Rapsschädlingen signifikant.
- Durch die Anwendung von naturstofflichen Pflanzenschutzmitteln wird im Vergleich zu der unbehandelten Kontrolle ein wirtschaftlicher Mehrertrag erzielt.
- Die Kombination von Pflanzenschutzmittelanwendung und Mischsaat erzielt im Vergleich zu der Kombination von Pflanzenschutzmittelanwendung und Reinsaat einen signifikant höheren Kornertrag.

Die Chronologie der Diskussion folgt der Abfolge der Schaderreger im Vegetationsverlauf.

### 5.1. Regulierung der Stängelschädlinge durch Pflanzenschutzmittel

Die Behandlung mit Natur-Pyrethrum ließ in der Mischsaat sowohl beim Raps als auch beim Rübsen eine Reduktion des Anteils der mit den Larven der Stängelschädlinge befallenen Pflanzen um bis zu etwa 25 Prozentpunkte erkennen. In der Raps-Reinsaat hingegen war der Prozentsatz der befallenen Pflanzen in den Natur-Pyrethrum-Varianten leicht erhöht. Eine Aussage über die Auswirkungen der Behandlung mit Natur-Pyrethrum auf die Anzahl der Larven in den befallenen Haupttrieben und das Schadausmaß durch Fraßgänge konnte nur für die Rübsenpflanzen getroffen werden. In den Rapspflanzen war hierfür der Befall zu gering. In den Haupttrieben der Rübsenpflanzen konnte eine Absenkung der Anzahl



der Stängelschädlinge durch die Behandlung mit Natur-Pyrethrum festgestellt werden. Diese Absenkung führte jedoch nicht immer zu einer Herabsetzung des Larvenfrasses in den Haupttrieben. Die Pflanzen in den Behandlungspartzen wiesen teilweise eine der unbehandelten Kontrolle ähnlich hohe Schädigung durch Larvenfrass auf.

Die Anzeichen, nach denen auch Stängelrüssler eine beginnende Resistenz gegenüber der Wirkstoffklasse der Pyrethroide aufweisen, mehren sich. MÜLLER et al. (2011) konnten bei einigen Populationen des Gefleckten Kohltriebrüsslers in Schleswig-Holstein eine gegenüber Pyrethroiden herabgesetzte Empfindlichkeit feststellen. Am Versuchsstandort Dahnsdorf betrug der Anteil des Gefleckten Kohltriebrüsslers etwa ein Drittel gegenüber zwei Drittel beim Großem Rapsstängelrüssler, weshalb die Minderwirkung des Natur-Pyrethrums sich im vorliegenden Versuch nicht alleine über eine eventuelle Resistenz dieses Schaderregers erklären lässt. Bei einer Population von 50 Großen Rapsstängelrüsslern aus dem Raum Göttingen konnten HEIMBACH et al. (2006) keine verminderte Sensitivität gegenüber Pyrethroiden feststellen, bei einer Population aus dem Raum Regensburg hingegen eine um knapp 25 % verminderte Sensitivität. Allerdings war der Stichprobenumfang aus dem Raum Regensburg mit 10 Individuen sehr niedrig. Laboruntersuchungen zur Sensitivität von Stängelrüsslern vom Versuchsstandort in Liemehna ergaben keine verminderte Sensitivität gegenüber Pyrethroiden. Eine Übertragbarkeit auf den Standort Dahnsdorf ist angesichts der räumlichen Distanz nicht ohne weiteres möglich. Leider konnten am Versuchsstandort Dahnsdorf keine lebenden Stängelrüssler für einen Sensitivitätstest gefangen werden. Ob letztendlich eine Resistenz, wie etwa beim Rapsglanzkäfer gegenüber Pyrethroiden (HEIMBACH et al., 2006), für die Minderwirkung von Natur-Pyrethrum in Dahnsdorf verantwortlich ist, kann demnach nicht eindeutig beantwortet werden. Die bisher räumlich nur vereinzelt auftretenden verminderten Sensitivitäten scheinen als Erklärung für die geringe Wirkung des Pyrethroids aber eher unwahrscheinlich zu sein. Auch RUPPRECHT (2010) kommt zu der Einschätzung, dass es sich bei den Minderwirkungen der Pyrethroide bei den Stängelschädlingen bisher noch um Einzelfälle handelt.

Im Jahr 2009 flogen die Stängelschädlinge am Standort Dahnsdorf Anfang April sehr konzentriert ein, die Eiablage dürfte, wie auch für andere Orte 2009 beschrieben (KLINGENHAGEN et al., 2011), innerhalb weniger Tage erfolgt sein. Die Anwendung von Natur-Pyrethrum erfolgte nur wenige Tage vor dem Zuflughöhepunkt des

Rapsstängelrüsslers. Damit war der Zeitpunkt der Anwendung optimal terminiert und liefert ebenfalls keine Begründung für die geringe Wirksamkeit des Pflanzenschutzmittels. Die Witterungsbedingungen nach erfolgter Anwendung waren ebenfalls nahezu optimal mit vernachlässigbaren Niederschlagsmengen ( $< 1$  mm) und Temperaturen von unter  $20^{\circ}\text{C}$ .

Nachdem Natur-Pyrethrum keinen Regulierungserfolg aufwies, wurde in den Jahren 2010 und 2011 Spinosad getestet. Labortests mit Stängelrüsslern vom Standort Liemehna ließen selbst bei niedrigen Aufwandmengen von Spinosad Mortalitäten von 100 % erkennen. Die erhoffte Wirkung unter Feldbedingungen von  $96\text{ g ha}^{-1}$  Spinosad blieb im Jahr 2010 dennoch aus. Weder wurde der Anteil befallener Pflanzen reduziert, noch die Parameter Larvenzahl je Haupttrieb und Fraßganglänge. Im Jahr 2010 beeinflussten kräftige Niederschläge unmittelbar nach Anwendung eine insektizide Wirkung auf die bereits zugeflogenen Stängelrüssler negativ. Hinzu kam, dass sich der Zuflug der Stängelrüssler im Jahr 2010 entgegen dem Vorjahr 2009 über einen längeren Zeitraum erstreckte. So kam es in der letzten Aprildekade nochmals zu einem starken Anstieg der Flugaktivität. In diesen Zeitraum wurden die Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Rapsglanzkäfer angewandt, unter anderem erneut Spinosad mit  $96\text{ g ha}^{-1}$ . Folglich hätte bei vorhandener insektizider Wirkung von Spinosad auf die Stängelschädlinge eine Herabsetzung des Befalls erkennbar sein müssen, was aber nicht zutraf. Im Jahr 2011 wurden zweimalig  $96\text{ g ha}^{-1}$  Spinosad mit einer gegenüber dem Jahr 2010 reduzierten Wasseraufwandmenge ( $400\text{ l ha}^{-1}$  statt  $600\text{ l ha}^{-1}$ ) appliziert. Damit wurde die Wirkstoffkonzentration in der Spritzbrühe von 0,016 % auf 0,025 % erhöht. Zusätzlich wurden Düsen mit einem gröberen Tropfenspektrum verwendet, die auch in den integrierten Feldparzellen am Versuchsstandort Dahnsdorf für die Bekämpfung der Stängelrüssler zum Einsatz kommen. Feinen Tropfen fehlt die Bewegungsenergie, um den Bestand zu durchdringen (WILMER, 2011), so dass die versteckt sitzenden Stängelrüssler von dem Spritzfilm nicht ausreichend erfasst werden. Trotz dieser Maßnahmen blieb auch im Versuchsjahr 2011 eine insektizide Wirkung von Spinosad auf die Stängelrüssler aus, obwohl mit beiden Anwendungen die Hauptzuflüge optimal abgedeckt wurden. Die einen Tag nach der zweiten Anwendung auftretenden Niederschläge von über 15 mm scheiden als mögliche Ursache für die nicht vorhandene Wirksamkeit aus. So konnte gut eine Woche nach der zweiten Anwendung von Spinosad gegen die Stängelrüssler in den Behand-

lungspartellen ein signifikant verminderter Befall mit Rapsglanzkäfern beobachtet werden. Dies deutet zum einen eindeutig auf die noch vorhandene Wirkung von Spinosad hin und zum anderen auf eine gewisse Regenfestigkeit des verwendeten Pflanzenschutzmittels SpinTor. Die vierte Hypothese („Die angewandten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel reduzieren den Befall mit Rapsschädlingen signifikant“) kann nach drei Versuchsjahren für den Einsatz von Natur-Pyrethrum und Spinosad zur Regulierung von Stängelschädlingen eindeutig verworfen werden. Alternative naturstoffliche Präparate erbrachten bisher auch keine Erfolge für die Regulierung der Stängelschädlinge. WEIHER et al. (2007) konnten durch die Anwendung von NeemAzal-T/S keine Herabsetzung des Larvenbesatzes erreichen. Im integrierten Landbau werden hingegen mit den praxisüblichen Präparaten zur Bekämpfung der Stängelschädlinge Wirkungsgrade zwischen 40 % und über 70 % erreicht (KREYE, 2010). Die Stängelrüssler sitzen im Bestand sehr versteckt und nehmen durch ihre vergleichsweise geringe Fraßtätigkeit nur sehr geringe Wirkstoffmengen auf. Damit unterscheiden sie sich deutlich von den Rapsglanzkäfern, die durch die exponierte Lage auf den Knospen direkt mit dem Sprühnebel in Kontakt kommen und durch ihre hohe Fraßaktivität entsprechende Wirkstoffmengen aufnehmen. Zwar kommen die Stängelrüssler durch den Residualbelag auf der Pflanzenoberfläche in Kontakt mit dem Pflanzenschutzmittel, dieser Kontakt scheint jedoch bei den naturstofflichen Präparaten für eine insektizide Wirkung nicht auszureichen. Demnach erscheinen die bisher verwendeten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel für die Regulierung der Stängelschädlinge als nicht geeignet. Es besteht somit noch Forschungsbedarf zur direkten Regulierung dieser Schädlinge im ökologischen Rapsanbau.

## **5.2. Regulierung der Stängelschädlinge durch den Misanbau mit Rübsen**

Die Bevorzugung des Rübsens durch Stängelschädlinge lässt sich durch viele Literaturquellen belegen. Bereits 1951 machte DOSSE (1951) die Entdeckung, dass Rübsenpflanzen in Misanbau mit Raps einen gegenüber den Rapspflanzen stärkeren Befall mit dem schwarzen Kohltriebrüssler aufwiesen. Das Ergebnis wurde später von BÜCHI (1986) bestätigt. BÜCHS (2009) konnte nach Anlage eines Rübsenrandstreifens einen mehr als fünfmal so starken Befall des Rübsens im

Gegensatz zur Rapssorte „Oase“ feststellen, wenngleich dieser Mehrbefall keinen schädlingsreduzierenden Effekt auf das Bestandesinnere nach sich zog. Bei Sortenversuchen von ULBER (2011) konnte ein teils signifikanter Mehrbefall der getesteten Rübsensorten mit dem Gefleckten Kohltriebrüssler im Vergleich zu der Rapssorte „Express“ beobachtet werden. Bezüglich des Befalls mit dem Großen Rapsstängelrüssler war in seinem Versuch hingegen sogar ein Mehrbefall der Rapspflanzen feststellbar. Zu erwähnen ist allerdings, dass die verwendete Rapssorte „Express“ als besonders attraktiv für Rapsschädlinge eingestuft wird (BÜCHS & KATZUR, 2004). Bei Versuchen zum Mischanbau mit Rübsen erreichte BÜCHI (1990) mit einer 2-prozentigen Einsaat von Rübsen zu Raps eine teilweise signifikante Reduktion des Befalls der Rapspflanzen in der Mischsaat mit Stängelrüsslerlarven, verglichen zu denen in der Reinsaat. Offensichtlich wurden die Schaderreger erfolgreich durch den Rübsen von der Rapspflanzen weggelockt.

Die beschriebene Lockwirkung des Rübsens auf die Stängelschädlinge konnte im vorliegenden Versuch durchaus bestätigt werden. Bei unterschiedlich starkem Befallsniveau der jeweiligen Versuchsjahre war die Abundanz der Stängelschädlinge in der Mischsaat im Vergleich zu der Reinsaat zumeist deutlich erhöht. Die höhere Schädlingsabundanz in der Mischsaat führte allerdings dazu, dass in der Mischsaat mehr Rapspflanzen mit Stängelschädlingen befallen wurden als in der Reinsaat. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von BÜCHI (1990) konnte weiter beobachtet werden, dass durch den Mischanbau mit Rübsen in allen drei Versuchsjahren an allen untersuchten Standorten keine signifikante Minderung des Befalls der Rapspflanzen in der Mischsaat mit Stängelrüsslern im Vergleich zum Raps in der Reinsaat erzielt werden konnte. Im Gegenteil: Der Raps in der Mischsaat war teilweise signifikant stärker befallen als der Raps in der Reinsaat. Damit stimmt das Versuchsergebnis mit der Beobachtung von STRAUCH (2010) am Standort Dahnsdorf überein. Auch hier ging eine Erhöhung der Abundanz der Stängelschädlinge in der Mischsaat mit einem stärkeren Befall der Rapspflanzen mit Stängelschädlingen einher.

Für das Merkmal der Fraßganglänge konnte im vorliegenden Versuch ebenfalls eine gegenüber dem Raps in der Reinsaat teilweise signifikant stärkere Schädigung der Rapspflanzen in der Mischsaat beobachtet werden. Nach der Auswertung von 30 Versuchsfeldern von 1985 bis 1992 mit einer ganzflächigen oder als Randstreifen angelegten Raps-Rübsenmischsaat kommt BÜCHI (1995) zu dem Schluss, dass der Befall mit dem Großen Rapsstängelrüssler teilweise im Rübsen, teilweise jedoch

auch in den Rapspflanzen erhöht war. Aussagen über die verwendeten Sorten macht er nicht. Die teils widersprüchlichen Ergebnisse untermauern die Aussage von BARARI et al. (2004). Den Autoren zur Folge ist, im Gegensatz zum Rapsglanzkäfer und zum Kohlschotenrüssler, der Mechanismus, der zu einer Bevorzugung des Rübens durch die stängelminierenden Schädlinge gegenüber der Rapspflanze führt, noch nicht endgültig verstanden. Ergänzt durch die eigenen Versuchsergebnisse kann demnach das Anbausystem einer Raps-Rüben-Mischsaat zur Regulierung der Stängelschädlinge im ökologischen Rapsanbau angesichts des gleich starken oder stärkeren Befalls der Rapspflanzen in der Mischsaat nicht empfohlen werden. Zusammenfassend kann die erste Hypothese („Rüben ist für die Rapsschädlinge verglichen mit dem Raps der Mischsaat attraktiver“) für die Stängelschädlinge tendenziell bestätigt werden. Entgegen der Erwartungen deutet sich allerdings die Gefahr eines stärkeren Befalls der Rapspflanzen in der Mischsaat an. Deshalb muss die zweite Hypothese („Der Raps der Mischsaat ist im Vergleich zum Raps in der Reinsaat signifikant weniger mit Rapsschädlingen befallen“) für die Stängelschädlinge verworfen werden.

Alternative Mischanbausysteme zur Regulierung des Befalls der Rapspflanzen mit Stängelschädlingen scheinen wenig vielversprechend zu sein. In einem zweijährigen Versuch von ULBER & KÜHNE (2007) erbrachte der Mischanbau von Winterraps mit Winterroggen, Wintergerste und Wintererbse keine signifikante Absenkung des Befalls mit dem Großen Rapsstängelrüssler. Die im ersten Jahr erzielte Absenkung des Befalls mit dem Gefleckten Kohltriebrüssler bei Mischanbau mit Gerste und Erbsen konnte im zweiten Versuchsjahr an einem anderen Standort nicht reproduziert werden. Der Mischanbau mit Erbsen erhöhte hier sogar den Befall mit diesem Schädling signifikant verglichen zu der Reinsaat. Vor dem Hintergrund der ungenügenden oder teils kontraproduktiven Wirkung von Mischanbausystemen auf den Befall mit Stängelschädlingen wird der Bedarf nach direkten Regulierungsmaßnahmen gegen den Befall der Rapspflanzen mit Stängelschädlingen für den ökologischen Rapsanbau nochmals deutlich.

### 5.3. Regulierung des Rapsglanzkäfers durch Pflanzenschutzmittel

Die Anwendung von  $96 \text{ g ha}^{-1}$  Spinosad wies an den beiden Standorten Dahnsdorf und Trenthorst konstant über alle Versuchsjahre hohe Wirkungsgrade gegenüber dem Rapsglanzkäfer von 50 % bis etwa 100 % auf und unterschied sich damit zu den meisten Zeitpunkten nach Behandlung durch signifikant niedrigere Befallshöhen von den getesteten Pflanzenschutzalternativen ( $\text{SiO}_2$ , Gesteinsmehl, pflanzliche Öle, Käfersammelmaschine). Die festgestellten Wirkungsgrade von Spinosad sind durchaus vergleichbar mit denen von Insektiziden, die im integrierten Rapsanbau verwendet werden. Teilweise übertrifft Spinosad auch die Wirkungsgrade der durch die auftretenden Resistenzen nicht mehr ausreichend wirksamen Insektizide der Wirkstoffgruppe der Typ II Pyrethroide (KREYE, 2010; HAARSTRICH & WERNER, 2011; ZELLNER, 2011). In Deutschland stehen momentan (Stand 13. Juni 2012) gegen den Rapsglanzkäfer vier Wirkstoffe zur Verfügung, die sich auf drei Resistenzklassen verteilen. Dementsprechend wäre eine mögliche Erweiterung dieser Klassen durch Spinosad im Rahmen einer Antiresistenzstrategie gegen den Rapsglanzkäfer auch für den integrierten Rapsanbau interessant. In der Schweiz wird beispielsweise durch die kantonalen Pflanzenschutzämter der Einsatz bestimmter Wirkstoffe (u. a. auch Spinosad in dem Pflanzenschutzmittel Audienz) zur Regulierung des Rapsglanzkäfers empfohlen. Die empfohlenen Wirkstoffe wechseln regelmäßig, so dass ein stetiger Wirkstoffwechsel in den Anbaujahren stattfindet. Die Minderwirkung der Typ II Pyrethroide gegenüber Spinosad wurde auch anhand der Ergebnisse des am JKI in Braunschweig durchgeführten Glasröhrchentest untermauert. In diesem standardisierten Versuchsaufbau war die Mortalität der Käfer 5 Stunden nach Behandlung in der Pyrethroid-Variante zunächst zwar höher als in der Spinosad-Variante, dennoch deutete die Mortalitätshöhe der Käfer in der Pyrethroidvariante nach der Einstufung von HEIMBACH et al. (2006) auf eine resistente bis hochpyrethroidresistente Rapsglanzkäferpopulation hin (weniger als 100 % Mortalität nach 5 Stunden Kontakt mit  $0,015 \text{ g cm}^{-2}$   $\lambda$ -Cyhalothrin = 20 % Aufwandmenge im Laborversuch). 24 Stunden nach Behandlung übertraf die Mortalität der Rapsglanzkäfer in der Spinosad Behandlung bereits deutlich die des Pyrethroids. Der Wirkbeginn von Spinosad setzt folglich spätestens 24 Stunden nach Kontakt der Käfer mit dem Wirkstoff ein. In den am JKI Kleinmachnow durchgeführten Knospenstandversuchen konnte der im Glasröhrchentest

festgestellte Zeitpunkt des Wirkbeginns von Spinosad ebenfalls nach spätestens etwa 24 Stunden nach Kontakt festgestellt werden. Damit sind beide Versuchsanordnungen geeignet, die fraßinsektizide Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegenüber dem Rapsglanzkäfer einzuschätzen. Hervorzuheben ist die nur sehr geringe Mortalität der Rapsglanzkäfer in der unbehandelten Kontrolle beim Knospenstandversuch, die für die Güte dieses Versuchsaufbaues steht. Auch SAGGAU et al. (2008) berichten von guten Erfahrungen mit einem, zu dem Knospenstandversuch nahezu identischen Versuchsaufbau, bei dem ebenfalls die fraßinsektizide Wirkung von Pflanzenschutzmitteln gegen den Rapsglanzkäfer getestet wurde. Im Gegensatz zu den eigenen Ergebnissen hielten die Autoren den Glasröhrchentest hingegen als nicht geeignet für das Testen von Fraßinsektiziden. Zukünftig könnte Spinosad im integrierten Landbau nicht nur eine Alternative für die Pyrethroide, sondern auch für die verwendete Wirkstoffgruppe der Neonicotinoide darstellen, bei denen sich eine beginnende Resistenz der Rapsglanzkäfer abzeichnet (MÜLLER et al., 2011). Der Vergleich von Thiacloprid (Wirkstoffgruppe Neonicotinoid) und drei Spinosad Aufwandmengen (96, 48, 24 g ha<sup>-1</sup>) in dem dritten Knospenstandversuch ließ beispielsweise nur Unterschiede im Wirkverlauf in den ersten 24 Stunden nach Kontakt erkennen. Nach 48 Stunden lag die Mortalität in allen Varianten bei 100 %. Die gleich hohen Mortalitäten in den verschiedenen Spinosad-Aufwandmengen lassen prinzipiell die Möglichkeit einer Reduzierung der Aufwandmenge von Spinosad erkennen. Auch beim Glasröhrchentest konnte mit einer 35-prozentigen Aufwandmenge von 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad eine 100-prozentige Mortalität bereits nach 24 Stunden beobachtet werden. Zu beachten ist allerdings, dass die genannten Versuche unter Laborbedingungen und somit ohne Sonnenlicht oder andere wirkungsmindernde Umwelteinflüsse stattfanden. Hinzu kommt, dass die Käfer ausschließlich nur behandeltes „Material“ zur Wahl hatten. Die Knospen des Knospenstandversuches wurden in die Spritzbrühe getaucht, wodurch die den Knospen anhaftende Wirkstoffmenge höher als nach Durchfahrt mit einer Feldspritze ist. Hieraus ergibt sich eine insgesamt höhere Wirkstoffaufnahme durch die Rapsglanzkäfer im Labor, weshalb die Ergebnisse sicher nicht uneingeschränkt auf Feldbedingungen übertragen werden können. Generell birgt die Reduzierung der Aufwandmengen immer die Gefahr des Aufbaus einer resistenten Population (THIEME et al., 2010) und wird deshalb nicht empfohlen. Weiterhin muss berücksichtigt

werden, dass es sich speziell beim Rapsglanzkäfer um einen Schaderreger handelt, der nach WEGOREK et al. (2009) evolutionsbedingt mit einer sehr starken natürlichen Resistenz gegenüber vielen natürlichen und synthetischen Toxinen ausgestattet ist. Unabhängig von der eingesetzten Aufwandmenge sollte eine kritische Diskussion über den Einsatz von Spinosad als alternativer Wirkstoff zum Resistenzmanagement in der Rapskultur stattfinden, da Spinosad eine hohe Bienentoxizität (B1 Einstufung) aufweist. Ergänzend zu dem Wirkungsgrad, der die Mortalität der Insekten nach einer Pflanzenschutzmaßnahme beschreibt, gibt es eine Maßzahl, die auf die überlebenden Insekten nach der Anwendung eines Pflanzenschutzmittels abzielt. Hintergrund ist, dass die überlebenden Insekten die Pflanze weiter schädigen können. Für die Erfassung dieser Insekten wurden von RUPPEL (1983) die sogenannten kumulativen Insektentage eingeführt. Diese Maßzahl beschreibt die Fläche unter der Befallskurve, wodurch die Anzahl der überlebenden Insekten auf den Pflanzen mit der Zeitspanne des Befalles kombiniert wird. Entsprechend der hohen Wirkungsgrade von Spinosad wurden auch die kumulativen Insektentage deutlich herabgesetzt. Es konnte in allen drei Versuchsjahren gegenüber der unbehandelten Kontrolle eine Herabsetzung der Insektentage zwischen etwa 50 % und 70 % durch die Applikation von Spinosad erzielt werden.

Die Wirkdauer von Spinosad konnte in den drei Versuchsjahren für mindestens 6 Tage abgesichert werden. Besonders gut zu erkennen war dies im Jahr 2009 am Standort Trenthorst. In Trenthorst erfolgte sechs Tage nach den ersten Anwendungen gegen die Rapsglanzkäfer eine Wiederholung der SiO<sub>2</sub>- und Ölanwendung. Der unmittelbar folgende rapide Anstieg des Rapsglanzkäferbesatzes in den Spinosad- Parzellen ließ auf die nicht mehr vorhandene Wirksamkeit von Spinosad schließen. Aus dem Verhalten der Rapsglanzkäfer konnte weiter geschlossen werden, dass die Rapsknospen in den Spinosad-Parzellen attraktiver waren als die Knospen in der unbehandelten Kontrolle, in der keine Zunahme der Käferzahlen zu beobachten war. Rein optisch konnte diese Vermutung bestätigt werden. Die Pflanzen in den Spinosad-Parzellen wirkten vitaler, was quantitativ allerdings nicht messbar war. Im Jahr 2011 wurde am Standort Dahnsdorf zu Beginn des Zufluges der Rapsglanzkäfer ein signifikant niedrigerer Käferbesatz in den Varianten 2 bis 4 beobachtet. In diesen Varianten wurden zuletzt am 02. April, 96 g ha<sup>-1</sup> Spinosad zur Regulierung der Stängelrüssler appliziert. Die niedrigeren Rapsglanzkäferzahlen in den Behandlungspartzellen konnten neun Tage lang bis



etwa zum 11. April 2011 statistisch gegenüber der unbehandelten Kontrolle abgesichert werden. Dies ist ein weiterer Hinweis auf eine Wirkdauer von Spinosad von mindestens sechs Tagen. Auftretende Niederschläge von gesamt mehr als 10 mm am 03. und 04. April 2011 hatten scheinbar keinen negativen Einfluss auf die Wirksamkeit, was zusätzlich auf eine gewisse Regenfestigkeit von Spinosad hindeutet.

Die Anwendung von Kieselgur ( $\text{SiO}_2$ ) mit Sonnenblumenöl zeigte im Gegensatz zu Spinosad kaum nennenswerte Absenkungen der Rapsglanzkäferzahlen. Mit einer Aufwandmenge von  $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2$  und  $12 \text{ l ha}^{-1}$  Sonnenblumenöl wurde in Dahnsdorf ein Wirkungsgrad von maximal 25 % ein Tag nach Anwendung erzielt. Im weiteren Verlauf wies diese Variante sogar einen stärkeren Befall mit Rapsglanzkäfern auf. Folglich konnte durch die Anwendung von Kieselgur die Anzahl der kumulativen Insektentage nur minimal reduziert werden. Weshalb am Standort Trenthorst die Anwendung von  $12 \text{ l ha}^{-1}$  Sonnenblumenöl und die im Vergleich zum Standort Dahnsdorf halbe Aufwandmenge von  $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2$  in Kombination mit  $12 \text{ l ha}^{-1}$  Sonnenblumenöl Wirkungsgrade von bis zu 50 % einen Tag nach Anwendung aufwies und damit die kumulativen Insektentage ähnlich stark wie bei der Behandlung mit Spinosad reduziert wurden, bleibt offen. Die Witterungsbedingungen scheiden als mögliche Erklärung aus, da in Trenthorst im unmittelbaren Zeitraum nach Anwendung 10 mm Niederschlag fielen, welche die Wirkung hätten negativ beeinflussen müssen. Am Standort Dahnsdorf hingegen war es nahezu trocken. Den Ergebnissen aus Trenthorst zur Folge blieb die Zugabe von  $6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2$  zum Sonnenblumenöl ohne wirkungssteigernden Einfluss, so dass die insektizide Wirkung vermutlich dem Sonnenblumenöl zuzuschreiben war. Eine insektizide Wirkung von Pflanzenölen gegenüber dem Rapsglanzkäfer wurde bereits durch Ergebnisse anderer Arbeiten bestätigt. In der Schweiz wurden mit 10 l Rapsöl gegenüber dem Rapsglanzkäfer Wirkungsgrade von bis zu 50 % erreicht (BREITENMOSER, 2008; JOSSI & HUMPHRYS, 2010). Auch WEIHER et al. (2007) erzielten mit  $12 \text{ l ha}^{-1}$  Sonnenblumenöl in Sommerraps Wirkungsgrade von über 50 %. In den genannten Versuchen waren aber bis zu drei Anwendungen nötig, um einen insektiziden Effekt auf die Rapsglanzkäfer zu erzielen.

Im zweiten Versuchsjahr wurde neben dem Wirkstoff  $\text{SiO}_2$  das deutlich preisgünstigere Gesteinsmehl Kaolin getestet, beide mit jeweils  $12 \text{ kg ha}^{-1}$ . Kaolin wurde ursprünglich für den Schutz von Kernobst vor Sonneneinstrahlung eingesetzt.

Der schützende Effekt entsteht durch das Reflektieren der Sonnenstrahlen durch den weißen Belag auf den Früchten (GLENN et al., 2002). Als Nebeneffekt wurde die schädlingsreduzierende Wirkung entdeckt und durch verschiedene Arbeiten zur Regulierung der Mehligen Apfelblattlaus (*Dysaphis plantaginea* Pass.) oder des Birnblattsaugers (*Cacopsylla pyri* L.) bestätigt (WYSS & DANIEL, 2004; BÜRCEL et al., 2005; DANIEL et al., 2005). Auf den Rapsglanzkäfer bewirkte das Gesteinsmehl Kaolin in Dahnsdorf hingegen keine schädlingsreduzierende Wirkung. Verglichen mit der unbehandelten Kontrolle war der Käferbesatz teilweise sogar etwas erhöht. In Trenthorst ließen sowohl  $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2$  als auch  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  Gesteinsmehl Kaolin keine Wirkung erkennen. Um eine Aussage treffen zu können, ob die beiden Präparate in ihrer Wirksamkeit vergleichbar sind, müsste wohl eine höhere Aufwandmenge verwendet werden, um eine mögliche Differenzierung der Wirkungsgrade zu erreichen. Generell ist bisher noch sehr wenig darüber bekannt, inwiefern sich die vielen verschiedenen Gesteinsmehle (BIOHERB, 1994) in ihrer Wirksamkeit gegen den Rapsglanzkäfer unterscheiden. Wohl noch wichtiger als die Art des Gesteinsmehles, scheint die Wirkstoffformulierung der Gesteinsmehlbrühe für die schädlingsreduzierende Wirkung zu sein. Die Formulierung hat beispielsweise deutlichen Einfluss darauf, wie fest der Partikelfilm sich an die Pflanzenoberfläche anlagert und beeinflusst damit auch die Partikelanlagerung an den Schaderreger, wenn er sich über die behandelten Pflanzenteile bewegt (PUTTERKA et al., 2005). Die Formulierung könnte eine mögliche Erklärung dafür sein, dass die Verdoppelung der  $\text{SiO}_2$  Aufwandmenge von  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  im Jahr 2009 auf  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  im Jahr 2010 am Standort Trenthorst sogar eine Herabsetzung der Wirksamkeit gegenüber dem Rapsglanzkäfer nach sich zog. Im Jahr 2010 wurden die im Jahr 2009 zum  $\text{SiO}_2$  noch zugegebenen  $12 \text{ l ha}^{-1}$  Sonnenblumenöl durch  $0,6 \text{ l ha}^{-1}$  Kiefernöl ersetzt. Dies hatte eine völlig unzureichende Benetzung der Knospen zur Folge, die sogar im Vergleich zu dem Jahr 2009 nochmals herabgesetzt war (vgl. Abb. 28, S. 95). Die Zugabe von Öl oder anderen Netzmitteln in ausreichender Menge ist folglich ein wichtiger Baustein für eine schädlingsreduzierende Wirkung von gespritzten Gesteinsmehlen. Eine alleinige Erhöhung der Aufwandmenge des Gesteinsmehles bringt keine Steigerung der Wirksamkeit. Noch bedeutender als die insektizide Wirkung ist wohl der primäre Wirkmechanismus der Gesteinsmehle, der auf dem repellenten Film auf der Pflanzenoberfläche beruht. Dieser Film kann durch Bedeckung der Pflanzenoberfläche die Wirtsfindung erschweren. So können die

Wirtspflanzen optischer und/oder haptischer nicht mehr zu lokalisieren sein. Zudem kommt es durch Anlagerung der Gesteinsmehlpartikel an den Körper der Schaderreger zur negativen Beeinflussung der Bewegungsfähigkeit und der Fraßaktivität (PASQUALINI et al., 2002; GLENN & PUTTERKA, 2005). Die Verdoppelung der applizierten Menge des Gesteinsmehls Kaolin auf  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  und die Zugabe von  $15 \text{ l ha}^{-1}$  eines Rapsölemulsionskonzentrates erbrachte im Versuchsjahr 2011 einen deutlich sichtbaren weißen Belag auf den Pflanzen, welcher in den beiden Vorjahren kaum sichtbar war. Damit entsprachen die Pflanzen rein optisch dem Aussehen der Pflanzen in einem Schweizer Anwendungsversuch mit  $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2$  und  $10 \text{ l ha}^{-1}$  Rapsöl (JOSSI & HUMPHRYS, 2010). Die Herstellung einer physikalischen Schutzbarriere auf der Pflanzenoberfläche setzt folglich die Kombination einer ausreichenden Menge Gesteinsmehl mit einer entsprechenden Menge eines Netzhilfsmittels voraus. Obwohl diese Barriere 2011 rein visuell vorhanden war, blieb die Anwendung dennoch ohne die gewünschte Wirkung. Wirkungsgrade von 100 % beschränkten sich lediglich auf die Reinsaat, wodurch hier auch die kumulativen Insektentage deutlich reduziert wurden. In der Mischsaat hingegen war kein befallsreduzierender Effekt der verdoppelten Kaolin Aufwandmenge nachweisbar. Woher diese starke Diskrepanz zwischen Rein- und Mischsaat herrührte, kann nicht erklärt werden. In beiden Kulturvarianten kam dieselbe Tankmischung und Spritztechnik zum gleichen Termin zum Einsatz. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu Wirkungsgraden von teilweise über 70 % in einem Versuch aus dem Jahr 2010 von JOSSI & HUMPHRYS (2010) nach Anwendung von  $25 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2$  und  $10 \text{ l ha}^{-1}$  Rapsöl. Auch in anderen Versuchsjahren wurden mit dieser Mittelkombination Wirkungsgrade von bis zu 80 % (BREITENMOSE, 2008) erreicht. Andere Autoren erreichten mit alternativen Gesteinsmehlprodukten Wirkungsgrade von etwa 50 %. So etwa DANIEL (2011 a) mit  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  Klinospray® (Wirkstoff: Zeolith) und  $2 \text{ l ha}^{-1}$  Heliosol® (Wirkstoff: Pinienöl) oder KÜNDIG et al. (2010) mit  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  Klinospray® und  $2 \text{ l ha}^{-1}$  Heliosol® bzw.  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  Gesteinsmehl Kaolin und  $0,3 \text{ l ha}^{-1}$  Sticker® (Wirkstoff: synthetischer Latex). Darüberhinaus war in diesen Versuchen die schädlingsreduzierende Wirkung mindestens fünf Tage nach Anwendung noch feststellbar. Ganz wichtig bei der Interpretation der genannten Ergebnisse ist allerdings, dass in diesen Versuchen, im Gegensatz zum vorliegenden Versuch, die Anwendungen teilweise zwei- bis dreimal wiederholt wurden. Eine einmalige Anwendung der Gesteinsmehlpräparate ist scheinbar nicht ausreichend für

einen schädlingsreduzierenden Effekt. Sehr wahrscheinlich baut sich die physikalische Barriere durch Mehrfachanwendungen erst auf und gewährleistet zudem auch eine Benetzung des Pflanzenneuzuwachses. Ob ein reduzierter Befall mit Rapsglanzkäfern nach Anwendung von Gesteinsmehlen oder  $\text{SiO}_2$  durch insektizide oder repellente Wirkeigenschaften oder eine Kombination hervorgerufen wurde, ist letztendlich schwer zu erfassen. DANIEL (2011 a) nimmt eine Differenzierung vor, nach der die Wirkung von Kaolin im Vergleich zu  $\text{SiO}_2$  nicht primär insektizider, sondern vielmehr repellenter Natur zu sein scheint. Eigene Laborversuche sollten Aufschluss über den repellenten Wirkmechanismus des  $\text{SiO}_2$  und des Gesteinsmehles Kaolin geben. In einem Wahlversuch hatten die Rapsglanzkäfer die Wahl zwischen unbehandelten und behandelten ( $12 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2 + 12 \text{ l ha}^{-1} \text{ Sonnenblumenöl} / 24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ SiO}_2 + 24 \text{ l ha}^{-1} \text{ Sonnenblumenöl}$ ) Knospenständen. Die Käfer zeigten keine Präferenz für die unbehandelten Knospenstände, eine Vermeidung des Kontaktes mit den behandelten Knospenständen war nicht zu erkennen. In dem vierten Knospenstandversuch zeigte sich allerdings, dass die Fraßschäden auf den mit  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  Gesteinsmehl Kaolin und  $15 \text{ l ha}^{-1}$  Rapsöl behandelten Knospenständen gegenüber den unbehandelten Knospenständen signifikant herabgesetzt waren. Demnach ist zwar keine Kontaktvermeidung der Käfer mit den behandelten Knospen gegeben, sie richten aber durch den repellenten Film auf der Knospenoberfläche weniger Schaden an den Knospen an. In dem genannten Laborversuch wurden die Knospenstände vorab in die Gesteinsmehlbrühe getaucht, so dass sich auf diesen eine gleichmäßige physikalische Schutzbarriere ausbilden konnte. Um eine vergleichbare Benetzung der Knospen unter Feldbedingungen zu erreichen, bedarf es, neben der Zugabe eines Netzmittels und einer ausreichenden Menge eines Gesteinsmehles, wohl der mehrfachen Anwendung der Gesteinsmehlbrühe. Dieses Ergebnis unterstützt nochmal die Notwendigkeit einer mehrfachen Anwendung von Gesteinsmehlbrühen für einen schädlingsreduzierenden Effekt. Auf eine Wiederholung der Gesteinsmehl-anwendung wurde aber im eigenen Versuch bewusst verzichtet, um die Anwendungskosten niedrig zu halten. Im ökologischen Rapsanbau ist in Deutschland die Schwelle, ab der eine Behandlung aus ökonomischer Sicht nicht mehr sinnvoll ist, schnell erreicht. Bei einem Auszahlungspreis für ökologisch produzierten Raps von derzeit ca.  $70 \text{ € dt}^{-1}$  muss beispielsweise eine Behandlung mit  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  gespritztem Gesteinsmehl (Kosten ca.  $160 \text{ €}$ ) einen Mehrertrag von ca.  $2,3 \text{ dt ha}^{-1}$

erbringen, um kostendeckend zu sein. Vor dem Hintergrund der starken Ertragsschwankungen im ökologischen Rapsanbau wird ein benötigter Mehrertrag in dieser Höhe sicher häufig nicht erzielt werden können. In der Schweiz beispielsweise, wo deutlich höhere Preise für Raps aus Ökologischem Landbau ausgezahlt werden (ca. 220 CHF dt<sup>-1</sup> = ca. 182 € dt<sup>-1</sup>), ist die Wahrscheinlichkeit, einen Gewinn durch Pflanzenschutzmaßnahmen zu erzielen, deutlich größer. Auf wirtschaftliche Aspekte wird im Verlauf der Diskussion noch näher eingegangen. Eine mögliche Alternative zu der Sprühapplikation von Gesteinsmehlen, ist die Ausbringung in gestäubter Form. Zu diesem Zweck wurde im Jahr 2010 am Standort Trenthorst die gestäubte Ausbringung von 500 kg ha<sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit) getestet. Es konnte, auf insgesamt sehr niedrigem Befallsniveau, eine deutliche Reduktion der Rapsglanzkäferzahlen beobachtet werden. Über eine Woche konnten nach Behandlung Wirkungsgrade von 100 % beobachtet werden, womit die Behandlung mit gestäubtem Gesteinsmehl genauso wirksam war, wie die Anwendung von Spinosad. Dies führte zu einer identischen Zahl der kumulativen Insektentage, die um etwa 80 % gegenüber der unbehandelten Kontrolle reduziert waren. Der langanhaltende Wirkeffekt des gestäubten Gesteinsmehls erstaunt insofern als dass es innerhalb des Wirkzeitraumes zu Niederschlägen von über 10 mm kam und steht damit in Widerspruch zu Ergebnissen von DANIEL (2011 a). Während bei ihr unter regenreicher, kalter Witterung im Jahr 2008 die Ausbringung von 750 kg ha<sup>-1</sup> Klinofeed® (Wirkstoff: Klinoptilolith, Partikelgröße 90 % < 100 µm) einen Tag nach Anwendung noch einen Wirkungsgrad von knapp 60 % erbrachte, war nach drei Tagen die Wirkung nicht mehr zu erkennen. Anders 2009: Bei trockener Witterung erbrachte die zweimalige Ausbringung von je 300 kg ha<sup>-1</sup> Klinofeed® einen Wirkungsgrad zwischen 73 % einen Tag und 78 % neun Tage nach Anwendung. Weitere Versuche aus der Schweiz ergaben eine nur kurze Wirkdauer von gestäubtem Urgesteinsmehl (500 kg ha<sup>-1</sup>) von bis zu drei Tagen. Nachfolgend stiegen die Käferzahlen wieder deutlich an. Angaben über die Witterung wurden nicht gemacht (BREITENMOSER, 2008; JOSSI & HUMPHRYS, 2010). Generell scheint die Applikation von Ölen mit nachfolgender Anwendung von gestäubten Gesteinsmehlen deren Wirksamkeit und Wirkdauer zu erhöhen. JOSSI & HUMPHRYS (2010) und BREITENMOSER (2008) konnten mit einer Kombination aus Öl und der Ausbringung eines Gesteinsmehles in gestäubter Form einen hohen Wirkungsgrad von mehr als 70 % über fünf Tage nach Ausbringung erzielen. Sie führten dies auf die verbesserte

Haftfähigkeit des Gesteinsmehles auf den Rapspflanzen zurück. Trotz dieser teilweise recht hohen Wirkungsgrade erscheint das Stäuben von Gesteinsmehlen wenig geeignet für einen Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis zu sein. Im vorliegenden Versuch erfolgte die gestäubte Ausbringung des Gesteinsmehles mit einem Kastendüngerstreuer, dessen Öffnungen jedoch laufend durch das Gesteinsmehl verstopft wurden. Selbst wenn einige Praktiker von der erfolgreichen Ausbringung mit einem Pendeldüngerstreuer berichten, so bleiben als deutliche Nachteile dieser Methode die geringe Arbeitsbreite und die enorme Staubbelastung für die Umwelt. Zu ähnlichen Schlüssen kommt auch BREITENMOSER (2008) in ihrer Diplomarbeit zum Thema Bekämpfung des Rapsglanzkäfers im Biolandbau.

Eine rein mechanische Regulierung der Rapsglanzkäfer stellt der Einsatz einer Käfersammelmaschine dar, deren Einsatz im Jahr 2010 am Standort Trenthorst getestet wurde. Bis zwei Tage nach Durchfahrt mit der Käfersammelmaschine konnte eine deutliche Herabsetzung der Rapsglanzkäferzahlen beobachtet werden. Nachfolgend kam es aber zu einer Wiederbesiedlung der Knospenstände, so dass letztendlich die Zahl der kumulativen Insektentage durch den Einsatz der Sammelmaschine nur um ca. 30 % reduziert wurde. Das Prinzip der Käfersammelmaschine beruht auf dem Abschütteln der Käfer von den Knospenständen durch Erschütterung der Pflanzen. Ein nachhaltiger Schutz der Knospen erfolgt somit nicht, weshalb der Einsatz dieser Maschine, wie die Ergebnisse verdeutlichen, bereits nach kurzer Zeit wiederholt werden muss. Ein mehrfacher Einsatz ist allerdings, auch wegen der geringen Arbeitsbreite, insbesondere für größere Rapsschläge, nicht praktikabel. Hinzu kommt, dass nur sehr wenige Landwirte über ein solches Spezialgerät verfügen und die Anschaffungskosten bei einer Einzelanfertigung immens hoch sein dürften. Bereits im Jahr 1921, in einer Zeit, in der die chemische Bekämpfung der Käfer noch kaum verbreitet und die Größe der Rapsschläge um ein Vielfaches kleiner war, wurde von FRIEDRICH (1921) von einem solchem „Fangwagen“ abgeraten.

Die dreijährigen Ergebnisse der Feldversuche verdeutlichen, dass es momentan kaum vielversprechende Ansätze einer direkten Regulierung der Rapsglanzkäfer im ökologischen Rapsanbau gibt. Der Wirkstoff Spinosad, der sich zwar als sehr wirksam erwiesen hat, hat momentan keine Zulassung für den Rapsanbau. Darüber hinaus wäre eine Anwendung – nicht nur für den Ökologischen Landbau – auf Grund der hohen Bientoxizität (B1 Einstufung) sehr kritisch zu diskutieren. Der Einsatz

des Wirkstoffes Quassin, der beispielsweise erfolgreich zur Regulierung von vielen Insekten im Ökologischen Landbau eingesetzt wird (vgl. Kapitel Quassia in Material und Methoden, S. 50), stellte sich im Laborversuch als nicht geeignet dar. So wurde in einem Wahlversuch keine eindeutige Präferenz der Käfer für die unbehandelten Rapsknospen erkennbar. Die Käfer reagierten nicht mit der beschriebenen Repellenz auf den in dem Wirkstoff enthaltenden starken Bitterstoff (ALBERT & SCHNELLER, 2009) bei einer Anwendung von  $15 \text{ g ha}^{-1}$ . Bei einem Laborversuch, bei dem die Rapsglanzkäfer auf ausschließlich mit Quassin ( $5$ ;  $10$  und  $15 \text{ g ha}^{-1}$ ) behandelte Knospen gesetzt wurden, war nur eine minimale Zunahme der Mortalität zu beobachten. Neben der repellenten Wirkung kann demnach auch die insektizide Wirkung von Quassin auf den Rapsglanzkäfer ausgeschlossen werden. Zusammenfassend kann die vierte Hypothese („Die angewandten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel reduzieren den Befall mit Rapsschädlingen signifikant“) nur für die Regulierung der Rapsglanzkäfer durch Spinosad und gestäubtes Gesteinsmehl bestätigt werden. Zu beachten ist allerdings die mangelnde Praktikabilität einer Anwendung von gestäubtem Gesteinsmehl. Für die alternativ getesteten Pflanzenschutzmittel/Pflanzenschutzmaßnahmen wird die Hypothese verworfen.

Weitere alternative Pflanzenschutzmittel wie das im Ökologischen Landbau beispielsweise erfolgreich zur Regulierung des Kartoffelkäfers eingesetzte Neem (Wirkstoff: Azadirachtin) oder *Bacillus thuringiensis*-Präparat (B.t.t.) (KÜHNE, 2010) scheinen für die Regulierung des Rapsglanzkäfers nicht geeignet zu sein. Die physiologische Hauptwirkung des Azadirachtin liegt in einer negativen Beeinflussung der Metamorphose der Larven (SCHMUTTERER & HUBER, 2005), so dass die Imagines des Rapsglanzkäfers nicht erfasst werden. Die beschriebene repellente Wirksamkeit von Azadirachtin variiert stark zwischen den Insektenarten (SCHMUTTERER & HUBER, 2005). PAVELA et al. (2009) erreichten eine 86-prozentige Reduktion der Anzahl der durch die Kohlschotenmücke befallenen Schoten nach der Applikation von  $20 \text{ g ha}^{-1}$  Azadirachtin. Im Gegensatz dazu konnte WEIHER (2007) für den Rapsglanzkäfer eine unzureichende Wirkung von Azadirachtin belegen. Sowohl bei der Anwendung in Sommerraps und in ergänzenden Laborversuchen konnte sie keine Wirksamkeit nachweisen. Bei *B.t.* ist bisher keine Subspezies bekannt, die für die Regulierung des Rapsglanzkäfers erfolgreich erscheint (EARLE et al., 2004; WILLIAMS, 2004).

#### **5.4. Regulierung des Rapsglanzkäfers durch den Mischanbau mit Rübsen**

Schon in den 1920er Jahren wurde erkannt, dass Rapsglanzkäfer von verschiedenen Farben unterschiedlich stark angezogen werden (WASMANN, 1926). Später belegten verschiedene Studien die stark anlockende Wirkung der gelben Farbe für Rapsglanzkäfer. Bei den Grüntönen ist die anlockende Wirkung umso größer, je mehr Gelbanteil das Grün aufweist (NOLTE, 1959; BÜCHI 1990; BLIGHT & SMART, 1998). Sowohl Blätter als auch Stängel der Rübsenpflanze haben im Vergleich zur Rapspflanze einen deutlichen Gelbanteil im Grünton, während das Grün des Rapses eher ins bläuliche geht und blau von den Käfern in Wahlversuchen von COOK et al. (2006) am wenigsten angefliegen wurde. Während die optischen Reize vermutlich nur auf kurzer Distanz wirken (BERNAYS & CHAPMAN, 1994), wirkt der Geruch der flüchtigen Substanzen über größere Distanzen anlockend auf die Rapsglanzkäfer (OMURA et al., 1999). Dabei ist die genaue Entfernung, ab der eine Beeinflussung von Insekten durch Geruchsstoffe erfolgt, schwer auszumachen (FINCH & COLLIER, 2011). Die Rapsglanzkäfer fliegen gegen den Wind, um den Geruch aufzunehmen (WILLIAMS & COOK, 2010). Bei den flüchtigen Substanzen kommt insbesondere den Spaltprodukten der für die Brassica-Species typischen Glucosinolate, den Isothiocyanaten, eine wichtige Anlockfunktion zu. In einem Freilandversuch von COOK et al. (2006) wurde ein isothiocyanat-reduzierter Raps weniger stark mit Rapsglanzkäfern befallen als ein herkömmlicher Raps (beide im Knospenstadium). Am stärksten wurde in diesem Versuch jedoch der Rübsen befallen. Weiter konnte beobachtet werden, dass – sobald die Blüte einsetzte – der Einfluss der flüchtigen Substanzen nicht mehr von primärer Bedeutung war. Die gelb blühende Kultur wurde, egal ob Raps oder Rübsen, von den Rapsglanzkäfern bevorzugt. Auch TÖLLE & ULBER (2011) konnten feststellen, dass diejenigen Rapssorten von den Rapsglanzkäfern stärker besiedelt wurden, die sich kurz vor oder in der Blüte befanden. Der Witterungsverlauf des jeweiligen Jahres hatte entscheidenden Einfluss auf die Phänologie der getesteten Rapssorten und damit auf die Attraktivität für die Rapsglanzkäfer. Es kann demnach festgestellt werden, dass im Knospenstadium sowohl der Grünton der Pflanze als auch die von ihr abgesonderten flüchtigen Substanzen für die Anlockung der Rapsglanzkäfer



entscheidend sind, da die überragende Attraktivität der gelben Blütenblätter noch nicht vorhanden ist.

Die stärkere Attraktivität des Rübsens für Schaderreger gegenüber dem Raps konnte im eigenen Versuch an allen Versuchsstandorten bestätigt werden. Zu der überwiegenden Zahl der Boniturtermine war der Rübsen signifikant stärker mit Rapsglanzkäfern besiedelt als der Raps. Damit reiht sich das Ergebnis ein in die Resultate anderer Forschungsarbeiten (BÜCHI, 1990; BÜCHS, 2009; STRAUCH, 2010). Insbesondere zu dem Zeitpunkt, an dem sich der Raps im mittleren, der Rübsen durch seinen Wachstumsvorsprung bereits schon im späten Knospenstadium befand, wurde durch die bereits gelbe Farbe der Rübsenknospen die Attraktivität des Rübsens für den Rapsglanzkäfer gegenüber dem Raps nochmals gesteigert. Dies führte dazu, dass der Rübsen bis zu sechsmal so stark befallen wurde wie der Raps. Bei nicht vorhandenem Wachstumsvorsprung der Rübsenpflanzen, wie im Jahr 2009 in Dahnsdorf, wurde der Rübsen zwar immer noch signifikant stärker von Käfern befallen als der Raps, der Befallsunterschied fiel aber geringer aus als beispielsweise im Jahr 2010, in dem der phänologische Vorsprung der Rübsenkultur deutlich erkennbar war. Die entscheidende Frage, die sich generell stellt ist, ob der Mehrbefall des Rübsens in einer Ablenkung der Rapsglanzkäfer von den Rapspflanzen resultiert. Dies kann nach den eigenen Versuchsergebnissen nicht eindeutig mit einem „Ja“ beantwortet werden und steht damit im Gegensatz zu Untersuchungen von BÜCHI (1990), der mit nur 2 % Rübsenanteil eine signifikante Reduktion der Käferzahlen auf dem Raps in der Mischsaat verglichen mit dem in der Reinsaat erzielte. STRAUCH (2010) hingegen konnte mit 14 % Rübsenanteil trotz signifikantem Mehrbefall der Rübsenpflanzen durch die Rapsglanzkäfer keinen Befallsunterschied zwischen dem Raps in der Misch- und dem in der Reinsaat beobachten. Auf die wichtigsten Einflussfaktoren, die über ein „Gelingen“ der Mischsaat entscheiden, soll im Folgenden eingegangen werden. Der Entwicklungsvorsprung des Rübsens ist, neben der geruchlichen Komponente, der wesentliche Grund für die starke Anlockung des Rapsglanzkäfers (HOKKANEN, 1989; COOK, 2006) und damit Grundvoraussetzung für eine Reduzierung der Rapsglanzkäferzahlen auf dem Raps durch Mischanbau. Wie die vorliegende oder auch andere Arbeiten (COOK et al., 2004 b; STRAUCH, 2010) belegen, führt die verstärkte Anlockung durch den Rübsen allerdings zu häufig höheren Rapsglanzkäferabundanzen in den Parzellen der Mischsaat im Vergleich zu den

Reinsaatparzellen. Diese erhöhten Abundanzen können zum Überspringen der Käfer von den Rübsen- auf die Rapsknospen führen, insbesondere dann, wenn die intraspezifische Konkurrenz der Weibchen um Eiablageplätze zu hoch wird (NILSSON, 2004). Der zweite wesentliche Einflussfaktor ist somit die Höhe der Einflugstärke der Käfer. Mit zunehmender Einflugstärke nimmt die Stärke der intraspezifischen Konkurrenz auf den Rübsenknospen zu und mit ihr die Gefahr eines Überspringens der Käfer von den Rübsen- auf die Rapspflanzen. Mit abnehmendem prozentualen Anteil des Rübsens in der Mischsaat ist die Knospenkapazität schneller erschöpft und damit nimmt folglich die Wahrscheinlichkeit des Überspringens auf die Rapsknospen zu. Demnach ist der Rübsenanteil in der Mischsaat der dritte, wichtige Baustein für das „Gelingen“ einer Mischsaat. Dieser Effekt war in Dahnsdorf in den Jahren 2010 und 2011 zu erkennen. In beiden Versuchsjahren wurde dieselbe Raps- bzw. Rübsensorte verwendet. 2010 betrug der Rübsenanteil 15 %, 2011 hingegen unter 2 %. Dies führte dazu, dass 2010 bei Abundanzen von teils über 150 Rapsglanzkäfern je  $\text{m}^2$  bis zu 80 % der Käfer von den Rübsen gebunden werden konnten, während sich 2011 bereits bei geringerer Abundanz (unter 50 Käfer je  $\text{m}^2$ ) über 90 % der Käfer auf den Rapsknospen befanden. Dies hatte einen signifikanten Mehrbefall der Rapspflanzen in der Mischsaat im Vergleich zu denen in der Reinsaat zur Folge. Demgegenüber wurde im Jahr 2010 trotz höherer Rapsglanzkäferabundanzen in der Mischsaat gegenüber der Reinsaat durch die Bindung an den Rübsen der Raps in der Mischsaat signifikant weniger stark befallen. Anhand der Anzahl der kumulativen Käfertage wird der Unterschied der beiden Versuchsjahre nochmals verdeutlicht. Im Jahr 2010 wurden durch die Bindung der Rapsglanzkäfer an den Rübsen die Insektentage der Rapspflanzen in der Mischsaat um etwa ein Drittel auf 22 Tage gegenüber 35 Tagen der Rapspflanzen in der Reinsaat reduziert. Im Gegensatz dazu waren die Relationen 2011 genau umgekehrt. Einhergehend mit der fehlenden Bindung der Rapsglanzkäfer durch den Rübsen erhöhte sich die Anzahl der Insektentage beim Raps in der Mischsaat auf 27,5 Tage im Gegensatz zu 16,5 Tagen beim Raps in der Reinsaat. Die Bedeutung des Rübsenanteils in der Mischsaat lässt sich durch ein Rechenexempel verdeutlichen: Geht man von dem Ziel aus, den Käferbesatz auf der Hauptinfloreszenz der Rapspflanze nicht über vier Käfer kommen zu lassen, so müssten bei 60 Pflanzen je  $\text{m}^2$  und einem Anteil des Rübsens von 5 % (drei Pflanzen je  $\text{m}^2$ ) und einer angenommenen Abundanz von 300 Käfern je  $\text{m}^2$  die Rübsenpflanzen je 43

Käfer „binden“, um dieses Ziel zu erreichen, bei einem Anteil des Rübsens von 10 % immerhin noch gut 20 Käfer. Zwar gibt BÜCHI (o. J.) das Fangpotenzial der Rübsenpflanze mit 50 bis 60 Rapsglanzkäfern an und auch am Standort Trenthorst wurden teilweise Befallswerte der Rübsenknospenstände von über 40 Käfern gezählt, diese Werte waren jedoch Ausnahmen, so dass das Fangpotenzial der Rübsenknospen nach eigenen Schätzungen bei etwa 30 Käfern liegen dürfte. Nach den eigenen Ergebnissen können Abundanzen von 200 Rapsglanzkäfern je m<sup>2</sup> schnell erreicht werden, in zuflugstarken Jahren sind auch 300 Käfer und mehr je m<sup>2</sup> denkbar. Die Regulierung hoher Rapsglanzkäferzuflüge durch Mischanbau mit Rübsen stößt dann an ihre Grenzen, zumal dem Rübsenanteil beispielsweise aus Gründen des Ölgeschmackes Grenzen gesetzt sind. Darüber hinaus stellte sich in diesem Versuch heraus, dass die Kalkulation mit einem bestimmten prozentualen Anteil des Rübsens nicht möglich ist. Der Rübsen winterete teilweise stark aus (auf unter 2 % Anteil), obwohl er gegenüber dem Raps als besonders winterhart gilt und deshalb speziell in den skandinavischen Ländern angebaut wird (PROPLANTA, 2006 a). Zu dem stark schwankenden Anteil des Rübsens kommt hinzu, dass eine sichere Vorhersagbarkeit der Einflugstärke der Rapsglanzkäfer für das kommende Vegetationsjahr nicht möglich ist, so dass ein auf den Einflug angepasster Einsatz der Fangpflanzen wie von HOKKANEN et al. (1986) vorgeschlagen, als wenig praktikabel erscheint. Einzig und allein „planbar“ ist die Sortenkombination von Raps und Rübsen und der prozentuale Anteil des Rübsens bei der Aussaat. Durch die Wahl einer langsam wachsenden Rapssorte kann dem Rübsen ein entsprechender Entwicklungsvorsprung vor den Rapspflanzen gegeben werden, um somit möglichst viele Schaderreger zu binden. Zusammenfassend kann zwar die erste Hypothese („Rübsen ist für die Rapsschädlinge verglichen mit dem Raps der Mischsaat attraktiver“) für den Rapsglanzkäfer eindeutig bestätigt werden. Dennoch führt dies nicht prinzipiell zu einer Herabsetzung des Befallsniveaus der Rapspflanzen in der Mischsaat im Vergleich zu denen in der Reinsaat. Aus diesem Grund kann die zweite Hypothese („Der Raps der Mischsaat ist im Vergleich zum Raps in der Reinsaat signifikant weniger mit Rapsschädlingen befallen“) für den Rapsglanzkäfer nicht eindeutig bestätigt werden. Folglich erscheint das System einer Raps-Rübsen-Mischsaat zu unsicher, um es für die Regulierung des Rapsglanzkäfers empfehlen zu können. Ein zusätzlicher Nachteil der Mischsaat ergibt sich auch aus ackerbaulicher Sicht. Die beschriebene Notwendigkeit der Wahl einer langsam

wachsenden Rapssorte geht mit einem späteren Reihenschluss und herabgesetzter Bodenbedeckung im Frühjahr einher. Gerade für den Ökologischen Landbau sind diese Faktoren aber von zentraler Bedeutung für die Unkrautregulierung. Im eigenen Versuch resultierte aus dem langsamen Wuchs der Rapspflanzen in Kombination mit dem witterungsbedingt verzögerten Einsatz der Hacke im Frühjahr ein teilweises Überwachsen des Bestandes durch die Geruchlose Kamille (*Matricaria inodora* L.) (vgl. Abb. 8, S. 43). Dadurch gestaltete sich die Ernte der Versuchspartzen sehr schwierig

## **5.5. Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Schotenschädigung**

Die zur Regulierung der Rapsglanzkäfer angewandten Pflanzenschutzmittel zeigten keine regulierende Wirkung auf den Kohlschotenrüssler bzw. die Kohlschotenmücke. Im Jahr 2011 wäre dies durchaus möglich gewesen, da zum Zeitpunkt der Anwendung der Pflanzenschutzmittel gegen die Rapsglanzkäfer eine beginnende Zuflugaktivität des Kohlschotenrüsslers zu verzeichnen war. Dennoch konnte kein regulierender Effekt der getesteten Pflanzenschutzmittel auf diesen Schädling beobachtet werden. Wahrscheinlich war der Schädlingsbefall für einen Nachweis der Wirkung zu gering. Folglich deuten die Ergebnisse lediglich darauf hin, dass die getesteten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel keinen regulierenden Effekt auf den Kohlschotenrüssler besitzen, womit die vierte Hypothese („Die angewandten naturstofflichen Pflanzenschutzmittel reduzieren den Befall mit Rapsschädlingen signifikant“) für diesen Schädling eher verworfen werden kann.

Entsprechend der hohen Wirkungsgrade von Spinosad zur Regulierung des Rapsglanzkäfers hätte erwartet werden können, dass sich in den Behandlungspartzen die Pflanzen durch einen höheren Anteil befallsfreier Schoten sowie einen reduzierten Anteil ausgebildeter Stielchen von den übrigen Varianten unterscheiden würden. Unterstützt wurde diese Annahme durch den visuellen Eindruck einer etwas stärkeren Blühintensität in den Spinosad-Partzen. Ein höherer Anteil befallsfreier Schoten, sowie ein reduzierter Stielchenanteil waren jedoch nur tendenziell im ersten Versuchsjahr am Standort Dahnsdorf zu erkennen. Auch am Standort Trenthorst war ein Effekt der Spinosad Anwendung auf die Schoten- bzw. Stielchenanzahl nicht erkennbar. Dass sich die Reduktion des Rapsglanzkäferbefalls nicht auf den Schotenansatz auswirkte, steht in Widerspruch zu den Ergebnissen von DANIEL (2011 a), die durch eine Reduktion der Rapsglanzkäfer um über 70 % für

neun Tage auf deutlich unter zwei Käfer eine Erhöhung der Schotenzahl am Haupttrieb um 46 % erzielte. Eine Angabe zu den ausgebildeten Stielchen wurde nicht gemacht. Der Käferbesatz in der unbehandelten Kontrolle lag bei rund drei Käfern und war somit mit dem vorliegenden Versuch vergleichbar. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte sein, dass in den Jahren 2010 und 2011 am Standort Dahnsdorf zur Zeit der Schotenbildung starke Trockenheit herrschte und diese den Effekt der wirksamen Rapsglanzkäferregulierung überlagert hat. Weiter erscheint es durchaus wahrscheinlich, dass der Rapsglanzkäferbefall je Hauptknospe in allen Versuchsjahren zu niedrig für eine Ausdifferenzierung war. Hinzu kommt, dass laut LARSEN et al. (1985) neben dem Rapsglanzkäferbefall noch andere Faktoren wie die Qualität der Bestäubung und die sortenspezifische Disposition zur Bildung von Stielchen die Ausbildung schotenloser Triebe beeinflussen. Auch WILLIAMS & FREE (1979) sprechen von einer „natürlichen“ Stielchenbildung, die auch ohne den Befall mit Rapsglanzkäfern einhergeht. Darüber hinaus kann der Rapsglanzkäfer auf niedrigem Befallsniveau durchaus auch nützlich sein, indem er als Bestäuber fungiert oder Schotenansatz verhindert, der ohnehin nicht bis zur Fruchtreife gelangt wäre (REINBRECHT et al., 2004). NILSSON (1994) kommt zu dem Schluss, dass gerade bei sehr niedrigen Befallsstärken häufig kein negativer Effekt auf den Ertrag erkennbar wird und die Vorhersagegenauigkeit der Ertragsauswirkung durch Rapsglanzkäferbefall mit Hilfe eines Regressionsmodells bei niedrigem Befall hohe Unsicherheiten birgt. BÜCHI et al. (o. J.) sehen hingegen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Anzahl an Stielchen bzw. befallsfreien Schoten und der Höhe des Rapsglanzkäferbesatzes. In ihrem Statistikmodell arbeiten sie allerdings mit gestuften Befallsstärken von 0, 30, 60 und 90 Käfern je Pflanze. Bei solch hohen Befallsstärken ist ein negativer Effekt auf die Schotenbildung allerdings zu erwarten. Gleichzeitig stellen sie beim Rübsen eine stärkere Neigung zur Bildung schotenloser Triebe selbst bei ausbleibendem Käferbefall fest, was wiederum auf eine sortenspezifische Reaktion hindeutet, die unabhängig vom Käferbesatz zu sein scheint. Ein weiterer wesentlicher Faktor, der den Zusammenhang zwischen dem Rapsglanzkäferbesatz und der Stielchenanzahl maßgeblich beeinflusst, ist die Erfassung der Stielchen. Der Unterschied zwischen den langen Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall und den kürzeren Stielchen durch physiologischen Knospenabwurf ist nicht immer eindeutig und kann damit das Ergebnis wesentlich beeinflussen. In einer frühen Veröffentlichung definiert

KAUFMANN (1942) sogar die kurzen Stiele als Rapsglanzkäferschaden und die langen als physiologisch bedingte Reaktion der Rapspflanze.

## **5.6. Regulierung der Schotenschädlinge durch den Misanbau mit Rüben**

Der Befall der Versuchsflächen an den drei Versuchsstandorten mit dem Kohlschotenrüssler war in allen drei Jahren sehr niedrig. Die Schädigung durch die Kohlschotenrüssler machte gemessen an der Anzahl der Gesamtschotenansätze zumeist einen Anteil von unter 1 % aus. Die Schädigung durch die Kohlschotenmücke war insgesamt auch als niedrig einzustufen. Am Standort Dahnsdorf war allerdings in den letzten beiden Versuchsjahren 2010 und 2011 eine Zunahme des Schadens durch die Kohlschotenmücke zu beobachten, der Anteil der Schädigung betrug teilweise über 30 %. Lediglich 2011 war auch parallel zur Schädigung durch die Kohlschotenmücke eine Zunahme der Schotenschädigung durch den Kohlschotenrüssler zu verzeichnen. Die Beobachtung, nach der eine Zunahme der Kohlschotenrüssler eine stärkere Schädigung durch die Kohlschotenmücke verursacht (SYLVEN & SVENSSON, 1974), konnte demnach für den Standort Dahnsdorf nicht bestätigt werden. Ein Einfluss der Mischsaat auf die Schädigung durch den Kohlschotenrüssler war wegen des geringen Befalls kaum auszumachen. Lediglich im Jahr 2011 wurde der Raps in der Mischsaat am Standort Dahnsdorf signifikant stärker durch den Kohlschotenrüssler geschädigt als der Rüben. Auch eine stärkere Schädigung verglichen mit dem Raps in der Reinsaat war erkennbar. Gestützt wird diese Beobachtung durch BÜCHI (1990), nach dem sich der Kohlschotenrüssler zwar bevorzugt auf dem Rüben aufhält, für die Eiablage letztendlich jedoch Rapsschoten bevorzugt. Auch DÖRING et al. (2011) konnten in zwei Versuchsjahren eine stärkere Schädigung der Rapspflanzen im Vergleich zum Rüben durch diesen Schädling beobachten. Den Ergebnissen von BÜCHI (1990) zu Folge ist die Attraktivität der gelb-grünen Farbe gegenüber der dunkelgrünen beim Kohlschotenrüssler nicht so stark ausgeprägt wie bei den anderen Schaderregern. Dafür ist der stark anziehende Effekt der gelben Farbe umso deutlicher. Aufgrund des Haupteinfluges dieses Schädlings während der Blühphase der Kulturen ist die starke Lockwirkung der Farbe Gelb nachvollziehbar. Dem Wachstumsvorsprung der Rüben- gegenüber der Rapspflanzen kommt bei dem Kohlschotenrüssler folglich

eine noch stärkere Bedeutung zu, denn nur ein bereits in voller Blüte stehender Rübsen wird entsprechend mehr Kohlschotenrüssler auf sich ziehen. Darüber hinaus kann vermutet werden, dass bei den Kohlschotenrüsslern zum Zeitpunkt der Blüte, ähnlich wie bei den Rapsglanzkäfern (COOK, 2006), der geruchliche Reiz deutlich hinter dem optischen Reiz zurücktritt. Diese Vermutung wird durch Versuchsergebnisse von SMART et al. (1996) bestätigt. Bei verschiedenfarbigen Fangtafeln konnte durch die Zugabe von Geruchsstoffen (Isothiocyanate) keine stärkere Fängigkeit erreicht werden. Hieraus schlossen die Autoren, dass zum Zeitpunkt des Einfluges die gelbe Blütenfarbe für den Kohlschotenrüssler den zentralen Schlüsselreiz darstellt. Somit ist die frühere Blüte der Rübsenpflanzen Voraussetzung für eine Ablenkung des Rüsslers von den Rapspflanzen. Das im vorliegenden Versuch und in den Versuchen von BÜCHI (1990) und DÖRING et al. (2011) trotz Entwicklungsvorsprunges des Rübsens die Rapspflanzen stärker befallen wurden, kann darin begründet liegen, dass der Entwicklungsvorsprung der Rübsenpflanzen mit etwa fünf Tagen nicht groß genug für eine Ablenkung war. KALISCHUK & DOSDALL (2004) fanden in Feld- und Laborversuchen heraus, dass von sieben getesteten Sommer-Brassica-Spezies die Schoten des Rübsens im Vergleich zum Raps zumeist signifikant am stärksten durch den Kohlschotenrüssler geschädigt wurden. Der Rübsen bildete die ersten Schoten allerdings bereits etwa zehn Tage früher als die übrigen Brassica-Spezies aus. Auch CÁRCAMO et al. (2006) stellten bei der Anlage von Fangstreifen in Praxisflächen (Sommerraps/-rübsen) in Kanada fest, dass der Wachstumsvorsprung der Fangpflanze zwischen sieben und zehn Tagen betragen sollte, um den Fangeffekt zu maximieren. Im Gegensatz zu dem Kohlschotenrüssler konnte für die Kohlschotenmücke in der Mischsaat, sofern angesichts des niedrigen Befallsniveaus erkennbar, ein zumeist stärkerer Befall des Rübsens verglichen mit dem Raps festgestellt werden. Teilweise war der Mehrbefall auch statistisch nachweisbar. Das Ergebnis ist konform zu dem von BÜCHS (2009), bei dem die befallsträchtige Rapssorte „Express“ signifikant durch die Kohlschotenmücke gegenüber der Rapssorte „Oase“ bevorzugt wurde. Durch den Mehrbefall der Rübsenpflanzen ergaben sich zwischen den beiden Rapskulturen allerdings keine signifikanten Befallsunterschiede, was auf das niedrige Befallsniveau zurückzuführen ist.

Zusammenfassend kann die erste Hypothese („Rübsen ist für die Raps-schädlinge verglichen mit dem Raps der Mischsaat attraktiver“) für den Kohlschoten-

rüssler nicht bestätigt werden. Für die Kohlschotenmücke deuten die Ergebnisse dagegen auf eine Bestätigung der ersten Hypothese hin. Die Nichtbevorzugung der Rübsenpflanzen durch Kohlschotenrüssler führt zu einem Mehrbefall der Rapspflanzen in der Mischsaat verglichen zu denen in der Reinsaat und damit zu einem Verwerfen der zweiten Hypothese („Der Raps der Mischsaat ist im Vergleich zum Raps in der Reinsaat signifikant weniger mit Rapsschädlingen befallen“). Für die Kohlschotenmücke lässt sich kein eindeutiger Schluss zur zweiten Hypothese ableiten.

Die Auswirkung der Raps-Rübsen-Mischsaat auf die Zahl befallsfreier Schoten und ausgebildeter Stielchen durch Rapsglanzkäferbefall konnte nicht eindeutig charakterisiert werden und war teilweise widersprüchlich. Am Standort Trenthorst war, wie zu erwarten, durch einen signifikant reduzierten Rapsglanzkäferbefall der Rapspflanzen in der Mischsaat im Jahr 2010 die Zahl befallsfreier Schoten signifikant gegenüber den Rapspflanzen in der Reinsaat erhöht, die Zahl der Stielchen im Gegenzug signifikant herabgesetzt. Dies stimmt mit den Ergebnissen von WEIHER (2007) am Standort Dahnsdorf überein. Im Jahr 2011 wurde in Dahnsdorf – entgegen der Erwartungen – beim Raps in der Mischsaat trotz signifikant höheren Rapsglanzkäferbefalls gegenüber dem Raps in der Reinsaat eine signifikant höhere Anzahl befallsfreier Schoten und eine identische Anzahl Stielchen im Vergleich zum Raps in der Reinsaat gezählt. Auf mögliche Ursachen für die teilweise fehlenden Zusammenhänge zwischen dem Rapsglanzkäferbefall und der letztendlichen Anzahl der befallsfreien Schoten bzw. Stielchen wird im weiteren Verlauf der Diskussion noch eingegangen.

## **5.7. Kornertrag**

Die Kornerträge der drei Versuchsjahre verdeutlichen die enorme Schwankungsbreite, die im ökologischen Rapsanbau möglich ist. Die Erträge schwankten zwischen 32 dt ha<sup>-1</sup> und deutlich unter 5 dt ha<sup>-1</sup>. Der ertragsmindernde Einfluss der Rapsglanzkäfer am Standort Dahnsdorf war wegen des niedrigen Befalles über den gesamten Versuchszeitraum zu vernachlässigen. Der stärkere Befall der Kulturen mit Stängelschädlingen im zweiten Versuchsjahr mag vielleicht einen kleinen Anteil des Ertragsrückganges von über 15 dt ha<sup>-1</sup> verursacht haben. Im dritten Jahr ging der Kornertrag jedoch bei wieder abnehmendem Befall mit Stängelschädlingen noch weiter gegenüber dem zweiten Jahr zurück. Am Standort



Trenthorst ist der ertragsmindernde Einfluss der Stängelschädlinge aufgrund des niedrigen Befallsniveaus ebenfalls zu vernachlässigen. Der Einfluss der Rapsglanzkäfer auf den Ertrag ist in Trenthorst schwer einzuschätzen, da die an diesem Standort im Jahr 2009 auftretende und auch für andere Orte beschriebene physiologische Knospenwelke (ANONYMUS, 2009) den Einfluss der Rapsglanzkäfer überlagert haben dürfte. Vor dem Hintergrund der Knospenwelke ist der letztendlich erreichte Kornertrag von etwa  $15 \text{ dt ha}^{-1}$  im Jahr 2009 am Versuchsstandort Trenthorst als hoch einzustufen. Durch die physiologische Knospenwelke fiel im Jahr 2009 die Blüte des Haupttriebs nahezu aus, so dass der Ertrag durch später blühende Seitentriebe gebildet wurde. Dies verdeutlicht wiederum die enorme Kompensationsfähigkeit der Rapspflanze durch Seitentriebbildung, die bereits mehrfach beschrieben wurde (KAUFMANN, 1942; GEISLER, 1983; VIETINGHOFF, 1985). In Liemehna war die Befallshöhe mit Rapsglanzkäfern zu vernachlässigen. Der hohe Befall mit Stängelrüsslern mit bis zu sechs Rüsslern je Haupttrieb im Jahr 2009 blieb ohne Auswirkungen auf den Ertrag. In diesem Jahr wurde der höchste Ertrag im Vergleich zu den anderen beiden Jahren erzielt, in denen der Befall mit Stängelrüsslern deutlich niedriger war. An allen drei Versuchsstandorten war der Befall mit Schotenschädlingen sehr gering und wies darüber hinaus zu geringe Schwankungen auf, um die Ertragsschwankungen verursacht zu haben. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass in allen Versuchsjahren die tierischen Schaderreger wohl nicht oder nur minimal ertragslimitierend waren. Für diese Annahme spricht auch, dass die applizierten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der tierischen Schaderreger keinen signifikant höheren Kornertrag nach sich zogen. Selbst die über einige Tage signifikante Reduzierung der Rapsglanzkäfer durch Spinosad erbrachte keine signifikante Ertragssteigerung. Der signifikante Ertragsabfall der Variante „gestäubtes Bentonit“ und „Käfersammelmaschine“ ist wohl auf eine mechanische Beschädigung der Pflanzen zurückzuführen. Die in den drei Versuchsjahren angewandten Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der tierischen Schaderreger waren aus ökonomischer Sicht überflüssig und verursachten Kosten, die nicht durch einen entsprechenden Mehrertrag ausgeglichen werden konnten. Einzige Ausnahme war die Applikation von Spinosad gegen die Rapsglanzkäfer am Standort Trenthorst im Jahr 2010, wo ein wirtschaftlicher Mehrertrag von  $1 \text{ dt ha}^{-1}$  erzielt werden konnte (Tab. 38, S. 169). Dieser ist sehr wahrscheinlich darauf zurück zu führen, dass es nur an diesem Standort im Jahr

2010 zum Zeitpunkt der Spinosad Anwendung zu einer deutlichen Überschreitung des Bekämpfungsschwellenwertes des integrierten Landbaus (LLH HESSEN, 2011) kam. Inwiefern dieser Schwellenwert auf die Anbaubedingungen des ökologischen Rapsanbaus übertragen werden kann, ist nicht bekannt. Die Erzielung des wirtschaftlichen Mehrertrages im vorliegenden Versuch nach der Anwendung von Spinosad deutet aber auf eine berechtigte Anwendung dieses Schwellenwertes auch im ökologischen Rapsanbau hin. ZEHNDER et al. (2007) sehen für die Anwendung von Bekämpfungsschwellen im Ökologischen Landbau noch erhöhten Forschungsbedarf, insbesondere unter Berücksichtigung einer möglichen Beeinflussung der vorkommenden Parasitoide. Prinzipiell stellt die Bekämpfungsschwelle des integrierten Rapsanbaus auch für den ökologischen Rapsanbau zumindest eine Orientierung dar. Sie sollte generell, wie schon von VIETINGHOFF (1985) vorgeschlagen, nicht statisch, sondern an den aktuellen Kulturzustand angepasst werden. Schlecht entwickelte Rapspflanzen haben ein geringeres Kompensationsvermögen, so dass weniger Rapsglanzkäfer toleriert werden können. Für gut entwickelte Pflanzen gilt das Gegenteil.

Die stark schwankenden Kornerträge in den drei Versuchsjahren werfen natürlich die Frage auf, welche Faktoren ertragslimitierend waren, wenn die tierischen Schaderreger als Ursache weitestgehend ausgeschlossen werden konnten. Für den Standort Dahnsdorf lässt sich deutlich ein Einfluss der angebauten Rapssorte auf den Ertrag erkennen. Die im ersten Versuchsjahr verwendete Sorte „Oase“ zeigte sich im Frühjahr 2009 gegenüber der in den Versuchsjahren 2010 und 2011 verwendeten Sorte „Robust“ deutlich wuchsstärker. Die  $N_{\min}$ -Gehalte waren dabei im ersten Jahr mit maximal knapp  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  sehr niedrig, wohingegen die Gehalte im zweiten Jahr mit bis zu über  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  deutlich höher lagen. In beiden Jahren war der April überdurchschnittlich trocken und der Mai überdurchschnittlich nass, so dass die Mineralisationsbedingungen vergleichbar waren und demnach der Sorte „Robust“ mehr Stickstoff zur Verfügung stand. Die Sorte „Robust“ nutzt demnach durch ihr verzögertes Wachstum den Stickstoff im Frühjahr nur ungenügend aus. Dies ist besonders in nährstofflimitierten Anbausystemen wie dem Ökologischen Landbau von Nachteil und wirkt sich in sehr trockenen Frühjahren, wie etwa dem Frühjahr 2011, besonders negativ aus. Zusammen mit starker Unkrautkonkurrenz, wie in den Versuchsjahren 2010 und 2011, sind hohe Kornerträge nur schwer zu erreichen.

**Tabelle 38:** Wirtschaftlichkeit der Pflanzenschutzmittelanwendungen in den Versuchsjahren 2009, 2010 und 2011 an den Versuchsstandorten Dahnsdorf und Trenthorst (Blockanlage).

| 2009   |       | Dahnsdorf*  |       |      | Trenthorst |       |       | Dahnsdorf   |  |
|--|-------|-------------|-------|------|------------|-------|-------|---|--|
| Variante   |       | 2           | 3     | 4    | 2          | 3     | 4     |   |  |
| Mittelkosten Euro ha <sup>-1</sup>                         | 63    | 138         | 224   | 75   | 207        | 92    |       | Var. 2 146,8 g ha <sup>-1</sup> Naturpyrethrum  |  |
| Arbeitserledigungs-kosten Euro ha <sup>-1</sup>            | 20    | 39          | 39    | 19   | 38         | 38    |       | Var. 3 146,8 g ha <sup>-1</sup> Naturpyrethrum<br>96 g ha <sup>-1</sup> Spinosad  |  |
| Kosten gesamt Euro ha <sup>-1</sup>                        | 82    | 177         | 263   | 94   | 245        | 130   |       | Var. 4 146,8 g ha <sup>-1</sup> Naturpyrethrum<br>12 kg ha <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> +<br>12 l ha <sup>-1</sup> Sonnenblumenöl +<br>1,8 l ha <sup>-1</sup> Rizinusöl |  |
| Erlös Raps Euro dt <sup>-1</sup>                           | 58    | 58          | 58    | 58   | 58         | 58    |       | Trenthorst  |  |
| benötigter, kostendeckender Mehrertrag dt ha <sup>-1</sup> | 0,4   | 3,0         | 4,5   | 1,6  | 4,2        | 2,2   |       | Var. 2 96 g ha <sup>-1</sup> Spinosad   |  |
| Ertragsdifferenz zur u. K. dt ha <sup>-1</sup>             | -2,0  | +1,0        | -1,9  | -1,9 | +0,9       | -0,9  |       | Var. 3 2x (6 kg ha <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> +<br>12 l ha <sup>-1</sup> Sonnenblumenöl +<br>1,8 l ha <sup>-1</sup> Rizinusöl)  |  |
|  |       |             |       |      |            |       |       | Var. 4 2x (12 l ha <sup>-1</sup> Sonnenblumenöl +<br>1,8 l ha <sup>-1</sup> Rizinusöl)  |  |
| 2010   |       | Dahnsdorf*  |       |      | Trenthorst |       |       |   |  |
| Variante   |       | 2           | 3     | 4    | 2          | 3     | 4     | 5   | 6  |
| Mittelkosten Euro ha <sup>-1</sup>                         | 75    | 150         | 134   | 75   | 126        | 59    | 125   | -   |  |
| Arbeitserledigungs-kosten Euro ha <sup>-1</sup>            | 19    | 38          | 38    | 19   | 38         | 38    | 35*** | 30  | Dahnsdorf  |
| Kosten gesamt Euro ha <sup>-1</sup>                        | 94    | 188         | 172   | 94   | 164        | 97    | 160   | 30  | Var. 2 96 g ha <sup>-1</sup> Spinosad  |
| Erlös Raps Euro dt <sup>-1</sup>                           | 49    | 49          | 49    | 49   | 49         | 49    | 49    | 49  | Var. 3 2x (96 g ha <sup>-1</sup> Spinosad)   |
| benötigter, kostendeckender Mehrertrag dt ha <sup>-1</sup> | 1,9   | 3,8         | 3,5   | 1,9  | 3,3        | 2,0   | 3,3   | 0,6   | Var. 4 96 g ha <sup>-1</sup> Spinosad<br>12 kg ha <sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaoiln)+<br>0,6 l ha <sup>-1</sup> Kiefernöl |
| Ertragsdifferenz zur u. K. dt ha <sup>-1</sup>             | -0,3  | -0,5        | -1,1  | +2,9 | +2,0       | +0,13 | -4,7  | -1,5  | Trenthorst   |
|  |       |             |       |      |            |       |       |   | Var. 2 96 g ha <sup>-1</sup> Spinosad  |
|  |       |             |       |      |            |       |       |   | Var. 3 12 kg ha <sup>-1</sup> SiO <sub>2</sub> +<br>0,6 l ha <sup>-1</sup> Kieferöl  |
|  |       |             |       |      |            |       |       |   | Var. 4 12 kg ha <sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Kaolin) +<br>0,6 l ha <sup>-1</sup> Kiefernöl                                  |
|  |       |             |       |      |            |       |       |   | Var. 5 500 kg ha <sup>-1</sup> Gesteinsmehl (Bentonit)   |
|  |       |             |       |      |            |       |       |   | Var. 6 Käfersammelmaschine   |
| 2011   |       | Dahnsdorf** |       |      | Dahnsdorf  |       |       |   |  |
| Variante   |       | 2           | 3     | 4    |            |       |       |   |  |
| Mittelkosten Euro ha <sup>-1</sup>                         | 150   | 225         | 290   |      |            |       |       |   |  |
| Arbeitserledigungs-kosten Euro ha <sup>-1</sup>            | 38    | 57          | 57    |      |            |       |       |   |  |
| Kosten gesamt Euro ha <sup>-1</sup>                        | 188   | 282         | 347   |      |            |       |       |   |  |
| Erlös Raps Euro dt <sup>-1</sup>                           | 78    | 78          | 78    |      |            |       |       |   |  |
| benötigter, kostendeckender Mehrertrag dt ha <sup>-1</sup> | 2,4   | 3,6         | 4,5   |      |            |       |       |   |  |
| Ertragsdifferenz zur u. K. dt ha <sup>-1</sup>             | -0,04 | 0,0         | +0,18 |      |            |       |       |   |  |

\* Rapsreinsaat

\*\* Rapsmischsaat

\*\*\* DANIEL (2010)

Arbeits erledigungskosten (Maschine + Lohn) laut KTBL (2005), bei der Käfersammelmaschine wurden die Kosten eines Striegeleinsatzes (Arbeitsbreite 3 m) zu Grunde gelegt und aufgerundet

Pflanzenschutzmittelpreise (€ Liter kg<sup>-1</sup>) Spruzit® Neu (Naturpyrethrum): 7,87 (bei 30 l Kanister); SpinTor (Spinosad): 375; SiO<sub>2</sub>: 9,58; Sonnenblumenöl: 1,50; Surround® (Gesteinsmehl Kaolin): 4,00; Edasil® (Gesteinsmehl Bentonit): 0,25; Rimulgan® (Kiefernöl): 15,55; NuFilm® (Rizinusöl): 18,33 (bei 10 l Kanister); Micula® (Rapsöl): 6,15 (bei 10 l Kanister)

Erlös Raps Abnahmepreis der Teutoburger Ölmühle beim Gutshof Klinge Agrar GbR

Quelle Preise: Spruzit® Neu: Fa. Neudorff; SpinTor: Fa. Dow Agro Science; SiO<sub>2</sub>: Fa. Agrinova; Sonnenblumenöl: Supermarktpreis; Surround®: Fa. Stähler; Edasil®: Fa. Süd-Chemie; Rimulgan®: [www.temmen.de](http://www.temmen.de); NuFilm: [www.kas-stralsund.de](http://www.kas-stralsund.de); Micula®: [www.temmen.de](http://www.temmen.de)

Positiv zu bewerten ist das späte Wachstum der Sorte „Robust“ für das System der Raps-Rüben-Mischsaat vor dem Hintergrund der Schädlingsregulierung. Der Wachstumsvorsprung des Rübens wird somit gewährleistet und seine Lockfunktion auf Schädlinge erhöht. Da die ackerbaulicher Probleme jedoch so gravierend sind,

sollte der Einsatz von im Frühjahr schwachwüchsiger Rapssorten gerade im ökologischen Rapsanbau unterbleiben.

Für den Standort Liemehna scheint die Versorgung mit Stickstoff die Hauptursache für die stark schwankenden Rapsenerträge gewesen zu sein. Die in allen drei Versuchsjahren verwendete Sortenkombination „Express“/„Vision“ erreichte in den Jahren 2009 und 2010 bei  $N_{\min}$ -Gehalten von bis zu  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  Kornerträge von teilweise deutlich über  $30 \text{ dt ha}^{-1}$ . Für Raps aus ökologischem Anbau sind diese Erträge als sehr hoch einzustufen. Weiter zu beachten ist, dass im Jahr 2010 der Rapsbestand mit Bestandesdichten von unter 25 Pflanzen je  $\text{m}^2$  stark ausgedünnt war und der Ausfall somit durch entsprechend hohe Einzelpflanzenenerträge kompensiert werden konnte. Neben den hohen  $N_{\min}$ -Gehalten wirkte sich am Standort Liemehna insbesondere im Jahr 2009 eine, im Gegensatz zu den anderen Versuchsstandorten, nicht vorhandene Frühjahrstrockenheit positiv auf die Nährstoffverfügbarkeit aus. Im dritten Versuchsjahr fielen die Kornerträge mit deutlich unter  $5 \text{ dt ha}^{-1}$  sehr stark hinter den beiden Vorjahren zurück. Ursache waren zum einen  $N_{\min}$ -Werte von weniger als  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  im Frühjahr, die auf die unterbliebene Herbsdüngung mit Stallmist zurückzuführen sind. Die Ausbringung von  $100 \text{ dt ha}^{-1}$  Schlempe (0,66 % N) Mitte Oktober konnte den Wegfall des Stallmistes nicht kompensieren. Die ausbleibende Stallmistgabe wurde durch die verspätete Ernte der Vorfrüchte verursacht, welche eine späte Saat mit einer ungenügenden Saatbettbereitung nach sich zog. Für die Nährstoffverfügbarkeit erschwerend hinzu kam das überdurchschnittlich trockene Frühjahr 2011, welches die Mineralisation der Nährstoffe verlangsamte.

Mangelnde Stickstoffverfügbarkeit und schwachwüchsige Rapssorten, die den Stickstoff nur verzögert ausnutzen, sind demnach bedeutende ertragslimitierende Faktoren für den ökologischen Rapsanbau. BECKER et al. (2011) konnten im ökologischen Rapsanbau mit einer kombinierten Stickstoff- und Schwefeldüngung bei gleichzeitig hohem Rapsglanzkäferbefall (ca. 15 Käfer je Knospenstand) den Ertrag im Gegensatz zur ungedüngten Variante von  $5 \text{ dt ha}^{-1}$  auf ca.  $20 \text{ dt ha}^{-1}$  steigern. Der Kornertrag konnte um weitere  $5 \text{ dt ha}^{-1}$  auf  $25 \text{ dt ha}^{-1}$  gesteigert werden, indem die Rapsglanzkäfer zweimalig „vergällt“ wurden. Angaben über die verwendeten Vergällungsmittel können die Autoren leider nicht machen, da sich die Versuchsflächen auf Praxisbetrieben befanden und die Landwirte ihre Methodik nicht preisgeben wollten. Es konnten auch keine Angaben zu Wirkungsgraden gemacht

werden, der Befall in den unbehandelten Parzellen war mit über 15 Käfern je Knospenstand jedoch sehr hoch. DANIEL (2011 a) konnte in Versuchen mit Raps aus Ökologischem Landbau durch die Reduzierung des Rapsglanzkäferbefalls zwar die Anzahl der Schoten erhöhen, dies führte aber letztendlich nicht zu einer Erhöhung des Kornertrages. Unter Schweizer Extenso Anbaubedingungen (hier sind synthetische Düngung erlaubt, aber nicht der Einsatz von Insektiziden, Fungiziden sowie Wachstumsregulatoren) führte die gleiche Regulierungsmaßnahme gegen den Rapsglanzkäfer zu Mehrerträgen. Auch andere Wissenschaftler beobachteten in der Schweiz im ökologischen Rapsanbau, dass der Schutz der Rapspflanzen vor dem Rapsglanzkäfer keine Ertragssteigerung nach sich zog, unter Extenso Bedingungen hingegen Mehrerträge erzielt werden konnten (DANIEL, 2010). Diese Beobachtungen führten zu einem Versuch von DANIEL (2011 b). In diesem erhielten Rapspflanzen zusätzlich zu den im Herbst verfügbaren  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$  einmalig  $62 \text{ kg N ha}^{-1}$  bzw.  $112 \text{ kg N ha}^{-1}$  im Frühjahr. Die Parzellen wurden teilweise mit Netzen abgedeckt, um eine Reduktion der Rapsglanzkäfer durch Pflanzenschutzmaßnahmen zu simulieren. Als Vergleich dienten nicht abgedeckte Parzellen. Der Schutz der Pflanzen vor Rapsglanzkäfern kam erst in der zusätzlichen Düngung von  $112 \text{ kg N ha}^{-1}$  durch signifikant mehr ausgebildete Schoten gegenüber den ungeschützten Pflanzen zum Tragen. In den niedrigeren Düngungsstufen waren keine oder nur tendenzielle Erhöhungen der Schotenzahlen durch den Schutz der Pflanzen vor den Rapsglanzkäfern zu beobachten. Die Versuchsergebnisse verdeutlichen, dass die Rapspflanze den ihr gegebenen „Schutz“ durch Pflanzenschutzmaßnahmen nur in Mehrertrag umwandeln kann, sofern ihr genügend Nährstoffe zur Verfügung stehen. Des Weiteren kann ein optimal mit Nährstoffen versorgter Rapsbestand den Befall mit Rapsglanzkäfern besser kompensieren bzw. sogar einen höheren Kornertrag ausbilden. VIETTINGHOFF (1985) konnte beispielsweise in Käfigversuchen feststellen, dass Rapspflanzen bei einer Stickstoffversorgung von  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  und völligem Ausschluss eines Rapsglanzkäferbefalls einen geringeren Kornertrag ausbildeten als Pflanzen die von 20 Rapsglanzkäfern befallen waren, aber gleichzeitig mit  $250 \text{ kg N ha}^{-1}$  versorgt wurden. Eine optimale Nährstoffversorgung bietet besonders für den ökologischen Rapsanbau vor dem Hintergrund der bisher unbefriedigenden Ergebnisse zur direkten Schädlingsregulierung in diesem Anbausystem eine Art „Grundversicherung“ gegenüber Ernteverlusten durch tierische Schaderreger und ist

– neben Sorten- und Standortwahl – mit einer der wichtigsten Stellschrauben zur Sicherung entsprechender Kornerträge im ökologischen Rapsanbau.

In den drei Versuchsjahren wurden teils signifikant niedrigere Kornerträge in der Mischsaat im Vergleich zur Reinsaat beobachtet. Der Ertragsunterschied betrug zwischen  $1 \text{ dt ha}^{-1}$  und maximal  $10 \text{ dt ha}^{-1}$ . Damit reiht sich das Ergebnis in die Beobachtungen von STRAUCH (2010) ein, die am Standort Dahnsdorf einen um  $5 \text{ dt ha}^{-1}$  reduzierten Ertrag in der Mischsaat beobachtete. Der Ertragsanteil des Rübsens betrug im vorliegenden Versuch teilweise noch nicht einmal 1 % und war somit nicht proportional zu seinem Flächenanteil. Sehr wahrscheinlich fallen bei den Rübsenpflanzen infolge der gegenüber den Rapspflanzen früheren Reife viele Samen bereits vor der Ernte aus. Je ausgeprägter der Entwicklungsunterschied zwischen den beiden Kulturen ist, desto stärker wird auch der Samenausfall des Rübsens sein. Der ohnehin schon vorhandene Durchwuchs von Raps in den Folgekulturen wird durch den Samenausfall des Rübsens zusätzlich verstärkt. Im Vergleich zum Raps wies der Rübsen, wie in der Literatur beschrieben, ein niedrigeres Tausendkorngewicht (PROPLANTA, 2006 b) sowie eine geringere Anzahl Körner je Schote auf. Der Rübsen kompensierte dies nicht durch einen höheren Anteil befallsfreier Schoten oder eine erhöhte Zahl schotentragender Seitentriebe. Folglich ist der geringe Ertragsanteil des Rübsens nicht verwunderlich und geht mit den Ergebnissen von DÖRING et al. (2011) einher, nach denen der Ertrag eines reinen Rübsenrandstreifens um 50 % gegenüber einem Rapsrandstreifen reduziert war. Auch bei einem dreijährigem Versuch von PETTERSSON et al. (2002) unter ökologischen Feldbedingungen erreichte der Winterrübsen maximal  $20 \text{ dt ha}^{-1}$  Ertrag im Vergleich zu  $36 \text{ dt ha}^{-1}$  beim Winterraps. Der Raps in der Mischsaat bildete gegenüber der Reinsaat nur stellenweise eine erhöhte Anzahl befallsfreier Schoten aus und auch das Tausendkorngewicht und die Anzahl ausgebildeter Körner je Schote unterschieden sich zwischen den Rapspflanzen der beiden Anbausysteme nur wenig. Folglich konnte der beschriebene Ertragsausfall des Rübsens nicht durch einen Mehrertrag der Rapspflanzen kompensiert werden und resultierte letztendlich in einem niedrigeren Gesamtkornertrag der Mischsaatfläche. Letztendlich ist jedoch die Vergleichbarkeit der Kornerträge aufgrund der unterschiedlichen Bestandesdichten in den Rein- bzw. Mischsaaten etwas erschwert. Da in den drei Versuchsjahren die Anzahl der Pflanzen allerdings mal in der Rein-, mal in der Mischsaat erhöht war und der Raps sehr plastisch auf unterschiedliche

Bestandesdichten reagiert, ist dieser Einfluss wohl zu vernachlässigen. Insofern kann geschlussfolgert werden, dass der Raps in der Mischsaat nicht in der Lage ist, den Ertragsausfall des Rübsens durch einen entsprechenden Mehrertrag zu kompensieren. Zu diesem Ergebnis kommen auch DÖRING et al. (2010). Somit wird die dritte Hypothese („Die Mischsaat erzielt gegenüber der Reinsaat einen signifikanten Mehrertrag“) verworfen. Die geringere Ertragsleistung der Mischsaat führt in Verbindung mit der nicht vorhandenen Ertragswirksamkeit der Pflanzenschutzmittelanwendungen gleichzeitig zu einem Verwerfen der sechsten Hypothese („Die Kombination von Pflanzenschutzmittelanwendung und Mischsaat erzielt im Vergleich zu der Kombination von Pflanzenschutzmittelanwendung und Reinsaat einen signifikant höheren Kornertrag“).

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Die Nachfrage nach Raps aus ökologischem Anbau steigt stetig. Dennoch ist in Deutschland beispielsweise der Anbauumfang mit maximal 4.000 ha zu vernachlässigen. Ein bedeutender Grund hierfür ist das Auftreten tierischer Schaderreger. Zu nennen sind der Rapserdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.), der Große Rapsstängelrüssler (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), der Gefleckte Kohltriebrüssler (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.), der Kohlschotenrüssler (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull) und die Kohlschotenmücke (*Dasineura brassicae* Winn.). Die Regulierungsmöglichkeiten der genannten Schaderreger sind bisher im ökologischen Rapsanbau allerdings völlig unzureichend. Schädlingsbedingte Ertragseinbußen bis hin zu Totalausfällen der Ernte sind die Folge und machen den Anbau von Ökoraps zu einem unwägbaren Risiko. Vor diesem Hintergrund wurde ein vom Julius Kühn-Institut koordiniertes und durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördertes, dreijähriges Forschungsprojekt zur Schädlingsregulierung im ökologischen Winterrapsanbau ins Leben gerufen. Den Schwerpunkt dieser Arbeit bildete an drei Versuchsstandorten die Bewertung der schädlingsregulierenden Wirkung einer Raps-Rübsen-Mischsaat (Verhältnis 9:1) im Vergleich zu einer Raps-Reinsaat. Des Weiteren wurden naturstoffliche Pflanzenschutzmittel und nach § 6a des Pflanzenschutzgesetzes selbst hergestellte Pflanzenschutzmittel zur Regulierung der Stängelrüssler (*Ceutorhynchus* spp.) und des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.) in Labor- und Freilandversuchen getestet. Getestet wurde Spruzit® Neu (a. i. 18,36 g l<sup>-1</sup> Natur-Pyrethrum) und SpinTor (a. i. 480 g l<sup>-1</sup> Spinosad) gegen die Stängelrüssler. Gegen die Rapsglanzkäfer kamen SpinTor, Agrinova-Milbenfrei (Wirkstoff: Kieselgur (SiO<sub>2</sub>)) mit Sonnenblumenöl, Surround® (Wirkstoff: Kaolin) mit Rapsöl bzw. Kiefernöl, Edasil® (Wirkstoff: Calcium-Bentonit) und Sonnenblumenöl zum Einsatz. Als mechanische Pflanzenschutzmaßnahme wurde eine Käfersammelmaschine getestet. Ergänzend wurde im Labor Quassia (Wirkstoff: Quassin) und Biscaya® (a. i. 240 g l<sup>-1</sup> Thiacloprid) getestet. Des Weiteren wurden im Labor verschiedene Zugabemengen eines Netzmittels für eine bestmögliche Benetzung der Pflanzen mit einem Gesteinsmehlfilm erprobt.



So war in der Raps-Mischsaat die Schaderregerabundanz. Die stärkere Attraktivität des Rübens gegenüber dem Raps konnte mit Ausnahme der Schotenschädlinge für alle Schaderreger bestätigt werden gegenüber der Raps-Reinsaat überwiegend erhöht. Diese hatte einen teils signifikant stärkeren Schaderregerbefall der Rapspflanzen in der Mischsaat zur Folge. Darüber hinaus erbrachten die Mischsaatparzellen einen teils signifikant geringeren Kornertrag. Vom Anbau einer Raps-Rüben-Mischsaat wird somit abgeraten. Natur-Pyrethrum und Spinosad führten in Laborversuchen zu deutlich erhöhten Mortalitäten bei den Stängelrüsslern. Demgegenüber konnte durch die Wirkstoffe unter Feldbedingungen weder ein Effekt auf die Befallshöhe noch auf die Schädigung der Pflanzen nachgewiesen werden. Bei der Regulierung der Rapsglanzkäfer wies Spinosad unter Feldbedingungen als einziger Wirkstoff konstante und hohe Wirkungsgrade bis zu 100 % auf. In Laborversuchen konnte dies bestätigt werden. Zu beachten sind allerdings die fehlende Zulassung dieses Wirkstoffes in der Rapskultur sowie die hohe Bientoxizität, die nicht nur im Ökologischen Landbau kritisch gesehen wird. Gespritztes Gesteinsmehl bzw.  $\text{SiO}_2$  zeigten einen nur geringen regulierenden Effekt auf die Rapsglanzkäfer. Generell kommt der Formulierung der Pflanzenschutzbrühe und der mehrfachen Wiederholung der Applikation für eine gleichmäßige Benetzung der Pflanzen mit einem Gesteinsmehl- bzw.  $\text{SiO}_2$  Belag eine hohe Bedeutung zu. Nur so kann die unter Laborbedingungen nachgewiesene, verminderte Fraßfähigkeit der Rapsglanzkäfer erreicht werden. Aus ökonomischer Sicht sind mehrfache Applikationen hingegen abzulehnen. Gestäubtes Gesteinsmehl und die Käfersammelmaschine sind aus Gründen der Praktikabilität nicht geeignet zur Regulierung der Rapsglanzkäfer. Quassin ist als alternativer Wirkstoff für die Regulierung des Rapsglanzkäfers ebenso wenig geeignet wie der Wirkstoff Azadirachtin oder ein *Bacillus thuringiensis*-Präparat (B.t.t.). Mit Ausnahme einer Spinosad Applikation erbrachte keine Pflanzenschutzmaßnahme einen wirtschaftlichen Mehrertrag. Faktoren wie Stickstoffmangel oder Unkrautkonkurrenz scheinen demnach unter leichtem bis mittlerem Befall mit Schädlingen im ökologischen Rapsanbau häufig stärker auf die Limitierung der Kornerträge zu wirken als der Befall mit Schaderregern. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich durch eine Pflanzenschutzmaßnahme im ökologischen Rapsanbau ein wirtschaftlicher Mehrertrag realisieren lässt, ist umso höher, je besser der Rapsbestand mit Nährstoffen versorgt ist und umso geringer die Unkrautkonkurrenz ist. Die hierfür nötigen Pflanzenschutzkonzepte fehlen jedoch weiterhin.

## 7. SUMMARY

The demand for organic winter oilseed rape is steadily increasing. Yet in Germany, for example rape cultivation is negligible with a maximum size of 4,000 ha. One important reason for this is the occurrence of insect pests, including the cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* L.), the rape stem weevil (*Ceutorhynchus napi* Gyll.), the cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Marsh.)), the pollen beetle (*Meligethes aeneus* F.), the cabbage seedpod weevil (*Ceutorhynchus assimilis* Paykull) and the brassica pod midge (*Dasineura brassicae* Winn.). Pest-related yield losses – up to total loss of the crop – make the cultivation of organic winter oilseed rape an incalculable risk. Currently the regulatory options for organic oilseed rape are totally inadequate to address this threat. Against this background, a three-year research project on pest control in organic winter oilseed rape was established. It was coordinated by the Julius Kühn-Institut and sponsored by the Federal Organic Farming Scheme and other forms of sustainable agriculture (BÖLN). The focus of this study was to assess the pest-regulating effect of a rape-turnip rape mixed cropping system (ratio 9:1) in comparison to rape in pure stand on three test sites. Further, natural insecticides and self-produced natural insecticide solutions – in accordance with § 6a of the Plant Protection Act – to regulate the stem weevils (*Ceutorhynchus* spp.) and the pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) were tested in laboratory and field experiments. Insecticides tested against the stem weevils were Spruzit® Neu (a. i. 18.36 g<sup>-1</sup> natural pyrethrum) and SpinTor (a. i. 480 g l<sup>-1</sup> Spinosad). Against the pollen beetle, SpinTor, Agrinova-Milbenfrei (a. i. kieselguhr (SiO<sub>2</sub>)) with sunflower oil, Surround® (a. i. Kaolin) with canola oil or pine oil, Edasil® (a. i. calcium bentonite) and sunflower oil were used. In addition Quassia (a. i. Quassin) and Biscaya® (a. i. 240 g l<sup>-1</sup> Thiacloprid) were applied in laboratory. As a mechanical plant protection measure, a beetle collecting machine was tested. For optimum wetting of the plants with a mineral-powder film various quantities of a wetting agent were tested under laboratory conditions.

The increased attractiveness of turnip rape as compared to the rape crop was confirmed for all pathogens with the exception of the pod pests. Compared to the fields with rape in pure stand the mixed-cropping system showed a significantly greater abundance of pests. This resulted in a sometimes significantly greater pest

infestation of the rape plants in the mixed-cropping system. Furthermore, the plots with the mixed-cropping system often had a significantly lower grain yield. Therefore, the cultivation of a rape-turnip rape mixed cropping system, cannot be recommended.

The use of natural pyrethrum and Spinosad resulted in significantly higher mortality rates of the stem weevils in laboratory tests. By contrast neither an effect on the infestation level nor on the amount of plant damage could be detected under field conditions when the agents were used. In the regulation of the pollen beetles, Spinosad was the sole agent under field conditions to demonstrate constant and high efficiencies of up to 100 %. This could be confirmed in laboratory experiments. However, it should be noted that this agent is not approved for rape and is highly toxic to bees, what is not only critically seen in relation to organic farming. Sprayed mineral powder or  $\text{SiO}_2$  had only a slight effect on the regulation of the pollen beetles. Generally the formulation of the hand-made phytosanitary broth and its multiple and repeated application are important factors for a uniform wetting of the plants with a stone dust or  $\text{SiO}_2$  covering. Only this way it is possible to achieve the decreased feeding activity of the pollen beetles observed under laboratory conditions. From an economic perspective, however, multiple applications are inefficient. For reasons of practicality rock-dusted flour and the beetle-collecting machine are not suitable for pollen beetle regulation. As an alternative agent for the regulation of the pollen beetle Quassin is just as inappropriate as the active ingredient Azadirachtin, or *Bacillus thuringiensis* (B.t.t.). With the exception of one Spinosad application, no protection measure provided an economic surplus. Factors such as nitrogen deficiency or weeds seem therefore to more frequently limit grain yield than the infestation of pests under slight to moderate pest infestation levels. The probability to realize an economic surplus through crop protection measures increases with growing nutrient supply of the rape crop and decreasing weed competition. Adequate crop protection strategies, however, have not yet been developed.

## 8. AUSBLICK

Das dreijährige Projekt zur Schädlingsregulierung im ökologischen Winterrapsanbau zeigte, dass es weiterhin keine zufriedenstellenden Pflanzenschutzkonzepte für diese Kultur gibt.

Der Misanbau mit Rübsen erwies sich bereits unter vorwiegend niedrigem Schaderregerauftreten als nicht geeignet, den Schaderregerbefall der Rapspflanzen herabzusetzen. Durch den Misanbau wurde die Gefahr des Mehrbefalls der Rapspflanzen mit Schädlingen sogar erhöht. Dieser Sachverhalt ist für den Landwirt, der den Misanbau mit Rübsen praktiziert, nicht ohne weiteres erkennbar. Für ihn entsteht durch den Anblick von beispielsweise stärker mit Rapsglanzkäfern besiedelten Rübsenknospen der subjektive Eindruck, dass eine Raps-Rübsen-Mischsaat geeignet sei, den Befall mit Schaderregern in der Rapskultur herabzusetzen. Insofern ist der eindeutige Gegenbeleg durch diese Forschungsarbeit von entscheidender Bedeutung für den ökologischen Rapsanbau. Praktiker sollten auf den Misanbau mit Rübsen verzichten. Ebenfalls erscheint der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zur Regulierung des Rapsglanzkäfers bei niedrigem Befallsdruck als wenig sinnvoll. Das einzige, auch zur Regulierung von stärkerem Rapsglanzkäferauftreten, geeignete Pflanzenschutzmittel SpinTor (Wirkstoff: Spinosad) ist für die Anwendung in der Rapskultur momentan (Februar 2012) nicht zugelassen und wird vermutlich angesichts der hohen Bientoxizität auch zukünftig keine Zulassung bekommen. Alternative Wirkstoffe weisen deutlich geringere Wirkungsgrade auf. Ein Einsatz dieser Wirkstoffe erscheint insbesondere bei stärkerem Rapsglanzkäferbefall wenig erfolgsversprechend zu sein. Für die Regulierung der Stängelschädlinge steht nach aktuellem Wissensstand im ökologischen Rapsanbau kein tauglicher Wirkstoff zur Verfügung. Generell erbringt der Schutz der Rapspflanze unter leichten bis mittleren Befallsbedingungen im ökologischen Rapsanbau zumeist keinen wirtschaftlichen Mehrertrag. Nährstoffmangel ist einer der bedeutendsten, ertragslimitierenden Faktoren im ökologischen Rapsanbau. Da Nährstoffe im Ökologischen Landbau jedoch nur in begrenztem Umfang zur Verfügung stehen und wirksame Pflanzenschutzkonzepte nach wie vor fehlen, wird Raps im Ökologischen Landbau wohl auch weiterhin eine Nischenkultur bleiben. Der Anbau wird sich auf wenige Gunststandorte mit geringem

Schaderregerauftreten und guter Wasser- und Nährstoffversorgung beschränken. Als Beispiel können küstennahe Standorte an der Ostsee genannt werden. An diesen Standorten bleiben weiterhin die Wahl von frühblühenden, konkurrenzstarken Sorten und eine optimale Kulturführung (Saatbettbereitung, Düngung, Unkrautregulierung) die wichtigsten Empfehlungen für die Sicherung von entsprechenden Kornerträgen im ökologischen Rapsanbau.

## 9. LITERATURVERZEICHNIS

- ABBOTT W. S. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. In: MÜHLE E., WETZEL T., FRAUENSTEIN K., FUCHS E. (HRSG.). *Praktikum zur Biologie und Diagnostik der Krankheitserreger und Schädlinge unserer Kulturpflanzen*, S. 190. Leipzig: Hirzel Verlag.
- ABUDULAI M., SKELLERN M. P., WATTS N. P. & COOK S. M. (2011). Use of plant defence-inducing chemicals in “push-pull” pest control strategies in oilseed rape. *IOBC-working group meeting. Integrated control in oilseed crops. Göttingen, 4–6 Oktober 2011*. <http://www.user.gwdg.de/~iobc/download/2011-abstracts-IOBC-WG-ICOC.pdf>, 03.11.2011, 14:30 Uhr.
- AGRINOVA (o. J.) a. <http://www.agrinova.de/ProdukteABC/rimulgan.htm>, 28.01.2010, 14:45 Uhr.
- AGRINOVA (o. J.) b. *Sacketikett Agrinova Milbenfrei*.
- AIGNER A., GEHRING K. & ZELLNER M. (1998). Ölfuchtanbau. *Die Landwirtschaft. Band 1. Pflanzliche Erzeugung*, 11. Aufl., S. 416–441.
- ALBERT R. & SCHNELLER H. (2009). Pflanzenextrakte zur Schädlingsbekämpfung. Beispiel Quassia und andere. *Landinfo 7/2009, Schwerpunktthema Pflanzenschutz*.
- ALEXANDER P., KITCHENER J. A. & BRISCOE H. V. A. (1944). Inert dust insecticides. Part I. Mechanism of action. *Ann. Appl. Biol.*, 31, S. 143–149.
- ALFORD D. V. (2003). Insect pests of oilseed rape crops. In: ALFORD D. V. (Hrsg.) *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*, Blackwell Science, S. 9–42.
- ALFORD D. V. (2000). Biological control of insect pests on oilseed rape in europe. *Pesticide Outlook*, 11, S. 200–202.
- AMI (2011). *AMI-Marktbilanz Getreide Ölsaaten Futtermittel 2011*.
- ANONYMUS (2008). Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. BMELV BONN, S. 1–32.
- ANONYMUS (2009). Blütenverluste – Was waren die Ursachen. *Top Agrar 07/2009*.
- ARP B., HÄNSEL M., KARALUS W., KOLBE H., SCHUSTER M. & JÄCKEL U. (2009). Ölf Früchte im Ökologischen Landbau. Informationen für die Praxis. LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE, DRESDEN (Hrsg.).
- BARARI H., COOK S. M., CLARK S. J. & WILLIAMS I. H. (2005). Effect of a turnip rape (*Brassica rapa*) trap crop on stem-mining pests and their parasitoids in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Biocontrol*, 50, S. 69–83.
- BARTLET E. (1996). Chemical cues to host-plant selection by insect pests of oilseed rape. *Agricultural Zoology Reviews*, Vol. 7, S. 89–116.
- BASEDOW T. (1973). Der Einfluss epigäischer Raubarthropoden auf die Abundanz phytophager Insekten in der Agrarlandschaft. *Pedobiologia*, 13, S. 410–422.
- BAYER CROPSCIENCE (2011). [http://xmedia.bayercropscience.de/produkt\\_pdf/20580\\_Biscaya-Decis-SetBiscayaDecisfluessig.pdf](http://xmedia.bayercropscience.de/produkt_pdf/20580_Biscaya-Decis-SetBiscayaDecisfluessig.pdf), 21.09.2011, 14:00 Uhr.
- BAYER CROP SCIENCE (2012). Biscaya®-Decis®-Set (Biscaya® + Decis® flüssig). Internetausgabe, 12.12.2012.

- BECKER K. & LEITHOLD G. (2011). Winterraps in der Fruchtfolge des Ökologischen Landbaus. In: LEITHOLD G., BECKER K., BROCK C., FISCHINGER S., SPIEGEL A.-K., SPORY K.; WILBOIS K.-P. & WILLIGES U. (Hrsg.). *Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 15.–18. März 2011.*
- BECKER K., FISCHINGER S. A. & LEITHOLD G. (2011). Einfluss von Schwefel- und Stickstoffdüngung auf den Kornenertrag von Winterraps in ökologischem Anbau. *Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 15.–18. März 2011.*
- BERNAYS E. A. & CHAPMAN R. F. (1994). Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman and Hall, London.
- BIOHERB (1994). Ausbildungsmodul für den ökologischen tropischen und subtropischen Landbau  
[http://www.ifoam.org/growing\\_organic/7\\_training/training\\_pdf/other\\_training\\_materials/generic\\_publications/modul\\_organic\\_farming\\_de.pdf](http://www.ifoam.org/growing_organic/7_training/training_pdf/other_training_materials/generic_publications/modul_organic_farming_de.pdf), 22.08.2011, 14:40 Uhr.
- BLUNCK H. (1925). Der Rapsglanzkäfer (*Meligethes aeneus* F.) im Jahre 1920. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 10, S. 421–429.
- BOELKE B. (1981). Untersuchungen zur optimalen Bestandesdichte bei Winterraps. *Arch. Acker- und Pflanzenbau u. Bodenkunde*, 25, S. 637–643.
- BÖHM H. (2007). Rapsanbau im ökologischen Landbau – Auswirkungen von Vorfrucht, Reihenabstand und Untersaat mit Weißklee auf den Ertrag. In: ZIKELI S., CLAUPEIN W. (eds.) *Zwischen Tradition und Globalisierung: Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Band 1; Universität Hohenheim, 20.–23. März 2007.* Berlin: Köster, S. 109–112.
- BÖHM H., AULRICH K., SAUERMAN W. & ALPERS G. (2011). Sortenwahl und Schädlingsdruck im ökologischen Rapsanbau. In: LEITHOLD G., BECKER K., BROCK C., FISCHINGER S., SPIEGEL A.-K., SPORY K.; WILBOIS K.-P. & WILLIGES U. (Hrsg.). *Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Gießen, 15.–18. März 2011.*
- BREITENMOSER A. (2008). *Bekämpfung des Rapsglanzkäfers im Biolandbau. Semesterarbeit, Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL).*
- BRET, B. L., LARSON L. L., SCHOONOVER J. R., SPARKS T. C. & THOMPSON G. D. (1997). Biological properties of spinosad. *Down to Earth* 52, S. 6–13.
- BROSCHEWITZ B. (1985): *Untersuchungen zur Biologie und Schadwirkung des Gefleckten Kohltriebrüsslers (Ceutorhynchus quadridens PANZER) am Winterraps (Brassica napus L. var. oleifera Metzg.). PhD-thesis, Wilhelm-Pieck-Universität, Rostock.*
- BROSCHEWITZ B., STEINBACH P. & GOLTERMANN ST. (1993). Einfluß stengelbewohnender tierischer Schaderreger auf den Befall von Winterraps mit *Phoma lingam* und *Botrytis cinerea*. *Gesunde Pflanzen*, 45. Jahrgang, Heft 3, S. 106–110.
- BÜCHI R. (1986). Biologie und Bekämpfung des Schwarzen Triebrüsslers, *Ceutorhynchus picipitarsis* Gyll. (Col. Curculionidae). *Anz. Schädlingskde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 59, S. 51–56.

- BÜCHI R. (1990). Investigations on the use of turnip rape as a trap plant to control oilseed rape pests. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 13 (4), S. 32–39.
- BÜCHI R. (1995). Combination of trap plants (*Brassica rapa* var. *silvestris*) and insecticide use to control rape pests. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 18 (4), S. 102–121.
- BÜCHI R. (1996). Eiablage des Rapsstengelrüsslers *Ceutorhynchus napi* Gyll., in Abhängigkeit der Stengellänge bei verschiedenen Rapssorten. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 69, S. 136–139. Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- BÜCHI R. (2002). Mortality of pollen beetle (*Meligethes* spp.) larvae due to predators and parasitoids in rape field and the effect of conservation strips. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, S. 255–263.
- BÜCHI R., HÄNI F. & JENZER S. (o. J.). Rübsen in Raps als Fangpflanzen für Rapsschädlinge, S. 34–40.
- BÜCHS W. (2009). Fangpflanzen (trap crops) als Methode zur Kontrolle tierischer Schädlinge im ökologischen Rapsanbau. *Mitt. Dtsch. Ges. allg. angew. Ent.*, 17, Halle (Saale).
- BÜCHS W. & KATZUR K. (2004). Cultivation techniques as means to control pests in organic oilseed rape production. *Integrated Protection in Oilseed Crops*. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 27 (10), S. 225–236.
- BÜCHS W., FELSMANN D. S., KLUKOWSKI Z., LUIK A., NILSSON C., AHMED B., ULBER B. & WILLIAMS I. H. (2006). Key predator species in oilseed rape crops – a review of literature and MASTER results. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April*.
- BÜCHS W. (2007). [http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrar\\_forstwissenschaften/bericht-76617.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/agrar_forstwissenschaften/bericht-76617.html), 25.03.2011, 15:45 Uhr.
- BÜRGE K., DANIEL C. & WYSS E. (2005). Effects of autumn kaolin treatments on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Pass.) and possible modes of action. *J. Appl. Ent.* 129 (6), S. 311–314.
- BURGHARDT F. & VON Lengerken H. (1920). Beiträge zur Biologie des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* Fabr.). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 6, S. 270–295.
- CÁRCAMO H. A., DUNN R., DOSDALL L. M. & OLFERT O. (2006). Managing cabbage seedpod weevil in canola using a trap crop – A commercial field scale study in western Canada. *Crop protection*, Vol. 26 (8), S. 1325–1334.
- COOK S. M., MURRAY D. A. & WILLIAMS I. H. (2004 a). Do pollen beetles need pollen? The effect of pollen on oviposition, survival, and development of a flower feeding herbivore. *Ecological Entomology* 29, S. 164–173.
- COOK S. M., WATTS N. P., HUNTER F., SMART L. S. & WILLIAMS I. H. (2004 b). Effects of a turnip rape trap crop on the spatial distribution of *Meligethes aeneus* and *Ceutorhynchus assimilis* in oilseed rape. *Integrated Protection in Oilseed Crops*. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 27 (10), S. 199–206.



- COOK S. M., SKELLERN M. P., SMITH M. J. & WILLIAMS I. H. (2006). Responses of pollen beetles (*Meligethes aeneus*) to petal colour. *Integrated Protection in Oilseed Crops*. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 29 (7), S. 151–158.
- DAEBELER F., LÜCKE, LEMBKE G. & RÖDER K. (1982). Gesichtspunkte bei der Handhabung des Bekämpfungsrichtwertes beim Rapsglanzkäfer. *Nachrichtenblatt Pflanzenschutz DDR*, 36, S. 63–64.
- DANIEL C., PFAMMATTER W., KEHRLI P. & WYSS E. (2005). Processed kaolin as an alternative against the European pear sucker, *Cacopsylla pyri* (L.). *J. Appl. Ent.* (129 (7)), S. 363–367.
- DANIEL C. & MESSERLI N. (2009). Rapsglanzkäfer. *FiBL Merkblatt*, 2. Auflage.
- DANIEL C. (2010). Entscheidungsprotokoll. Alternative Rapsglanzkäferbekämpfung: Einsatz von Gesteinsmehl. Treffen von Versuchsanstellern im ökologischen Rapsanbau. FiBL, Frick am 08.11.2010.
- DANIEL C. (2011 a). Silicate rock dust to control pollen beetles (*Meligethes* spp.). *IOBC-working group meeting. Integrated control in oilseed crops. Göttingen, 4–6 Oktober 2011*. <http://wwwuser.gwdg.de/~iobc/download/2011-abstracts-IOBC-WG-ICOC.pdf>, 03.11.2011, 14:30 Uhr.
- DANIEL C. (2011 b). Versuchsbericht Raps 2011. FiBL Schweiz, unveröffentlicht.
- DIEPENBROCK W., ELLMER F. & LEON J. (2009). *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung*. UTB Verlag Stuttgart, 2. korrigierte Auflage.
- DIERAUER H., FRÜH B., HUMPHRYS C. & HEIBEISEN T. (2010). Bioraps. <http://orgprints.org/18042/1/dierauer-et-al-2010-bioraps.pdf>, 15.04.2011, 18:40 Uhr.
- DÖRING A., WEDEMEYER R., ULBER B. & SAUCKE H. (2010). Rübsen-Fangstreifen als Maßnahme zur Regulierung des Schädlingsbefalls von Winterraps. *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September 2010. Julius-Kühn Archiv*, Band 428, S. 282–283.
- DÖRING A., WEDEMEYER R., SAUCKE H. & ULBER B. (2011). Suitability of different cultivars of turnip rape as trap crops for Integrated control of major pests on winter oilseed rape. *IOBC-working group meeting. Integrated control in oilseed crops. Göttingen, 4–6 Oktober 2011*. <http://wwwuser.gwdg.de/~iobc/download/2011-abstracts-IOBC-WG-ICOC.pdf>, 03.11.2011, 14:30 Uhr.
- DOSDALL L. M., GIBSON G. A. D. & OLFERT O. O. (2006). Cabbage seed weevil and its parasitoids in western Canada: an alien pest is challenged by endemic natural enemies. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April 2006*.
- DOSSE G. (1951). Versuche zur Bekämpfung des Schwarzen Triebrüsslers (*Ceutorhynchus picitarsis* Gyll.). *Anz. F. Schädlingsskde.* 24, S. 146–152.
- DOTTERWEICH I. (2010). Untersuchungen zur Schadwirkung des Rapsglanzkäfers in Winterraps. *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September 2010. Julius-Kühn Archiv* Band 428, S. 100–101.
- EARLE E. D., CAO J. & SHELTON A. M. (2004). Insect-Resistant Transgenic Brassicas. In: PUA E. C. & DOUGLAS C. J. (eds.) *Biotechnology in Agriculture and Forestry* Vol. 54, S. 227–251. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.

EGGLER B. D., GROß A. & TRAUTMANN M. (1992). Biologisch aktive Pflanzenauszüge; eine natürliche Alternative bei der Behandlung von Schaderregern im Obstbau. 5. *Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau*, 19.–20.11.1992. FÖRDERGEMEINSCHAFT ÖKOLOGISCHER OBSTBAU, BADEN WÜRTTEMBERG, MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 28 (Hrsg.).

EGGLER B. D. & GROß A. (1996). Quassia Extrakt; neue Erkenntnisse bei der Regulierung von Schaderregern im Obstbau. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt* 321, S. 425.

EICKERMANN M. (2008). *Effect of Brassica genotype on the infestation by cabbage stem weevil Ceutorhynchus pallidactylus (Mrsh.) (Col.: Curculionidae) and the parasitism of stem weevil larvae*. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. <http://d-nb.info/101115398X/34>, 31.01.2013, 13.30 Uhr.

EICKERMANN M. & ULBER B. (2011). Effect of plant architecture on the infestation of Brassica genotypes by cabbage stem weevil, *Ceutorhynchus pallidactylus* (Mensch.). In: CD-ROM *Abstract Book, 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, 5th–9th Juni 2011*.

EKBOM B. (1998). Clutch size and larval performance of pollen beetles on different host plants. *Oikos* 83, S. 56–64.

FELSMANN D. S. & BÜCHS W. (2005). Untersuchungen in zwei Rapsanbausystemen zum Auftreten von epigäischen Raubarthropoden und Rapsschädlingen. *Dresdner Entomologentagung*, 21.–24. März.

FELSMANN D. S. & BÜCHS W. (2006). Assessment of staphylinid beetle larvae from oilseed rape flower stands and their influence on pollen beetle larvae. *Integrated Protection in Oilseed Crops*. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 29 (7), S. 163–165.

FERGUSON A. W., SOLINAS M., ZIESMANN J., ISIDORO N., WILLIAMS I. H., SCUBLA P., MUDD A., CLARK S. J. & WADHAMS L. J. (1999). Identification of the gland secreting oviposition deterring pheromone in the cabbage seed weevil, *Ceutorhynchus assimilis* Payk. (Coleoptera: Curculionidae) and the mechanism of pheromone deposition. *Journal of Insect Physiology*, 45, S. 687–99.

FiBL (2012): Results of the FiBL survey on organic agriculture worldwide, based on national data sources. Last update: 06.01.2012. RESEARCH INSTITUTE OF ORGANIC AGRICULTURE (FRICK), SWITZERLAND, [www.fibl.org](http://www.fibl.org).

FINCH S. & COLLIER R. H. (2011). The influence of host and non-host companion plants on the behaviour of pest insects in field crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 142, S. 87–96.

FREIER B., PALLUTT B., JAHN M., SELLMANN J., GUTSCHE V. & MOLL E. (2010). Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Winterweizen und Winterraps – Ergebnisse aus dem Netz „Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ 2007–2009. *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September. Julius-Kühn Archiv*, Band 428, S. 118–119.

FRIEDRICH C. (1921). Untersuchung über Rapsglanzkäfer in Mecklenburg. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, Band VIII., Heft 1, S. 1–36.

GARBE V., BROSCHEWITZ B., ERICHSEN E., HOßFELD R., LAUENSTEIN G., STEINBACH P., ULBER B. & ZELLNER M. (1996). Schadensschwelen bei Rapsschädlingen. Instrumente einer wirtschaftlichen Winterrapsproduktion. *Raps*, 14, S. 58–63.

- GENEAU C., SCHLATTER C. & DANIEL C. (2009). Ausbreitung des Rapsglanzkäfers innerhalb eines Feldes und in der Landschaft. In: MAYER J., ALFÖLDI T., LEIBER F., DUBOIS D., FRIED P., HECKENDORN F., HILLMANN E., KLOCKE P., LÜSCHER A., RIEDEL S., STOLZE M., STRASSER F., VAN DER HEIJDEN M. & WILLER H. (Hrsg.). *Werte-Wege-Wirkungen: Biolandbau im Spannungsfeld zwischen Ernährungssicherung, Markt und Klimawandel. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, ETH Zürich, 11.–13. Februar 2009.*
- GEISLER G. (1983). Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, S. 90–128.
- GIRARD C., LE METAYER M., ZACCOMER B., BARTLET E., WILLIAMS C., BONADE-BOTTINO M., PHAM-DELEGUE M. H. & JOUANIN L. (1998). Growth stimulation of beetle larvae reared on a transgenic oilseed rape expressing a cysteine proteinase inhibitor. *Journal of Insect Physiology*, 44, S. 263–270.
- GLENN D. M., PRADO E., EREZ A. & PUTTERKA G. J. (2002). A reflective, processed-kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 127, S. 188–193.
- GLENN D. M. & PUTTERKA G. J. (2005). Particle Films: a new technology for agriculture. In JANICK J. (ed.) *Horticultural reviews*, 31, S. 1–44.
- GLESER H. J. (2009). Versuchsbericht 2009. Pflanzenschutz im Ackerbau. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN. ABTEILUNG PFLANZENBAU, PFLANZENSCHUTZ, LANDTECHNIK.  
[http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user\\_upload/Pflanzenschutz/Aktuelles/Pflanzenschutzbericht\\_2009.pdf](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Pflanzenschutz/Aktuelles/Pflanzenschutzbericht_2009.pdf), 13.05.2011, 16:50 Uhr.
- GRAF T., DEGNER J., GÖTZ R. & ZORN W. (2008). *Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Winterraps*. THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.).
- GROß A. & EGGLEER B. D. (1993). Möglichkeiten zur vorbeugenden Behandlung gegen die Kirschfruchtfliege mit Quassia amara. 6. *Internationaler Erfahrungsaustausch über Forschungsergebnisse zum Ökologischen Obstbau*, 18.–19.11.1993. FÖRDERGEMEINSCHAFT ÖKOLOGISCHER OBSTBAU, BADEN WÜRTTEMBERG, MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHEN RAUM, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, 50 (Hrsg.).
- GU H. H., ZHOU W. J. & HAGBERG P. (2003). High frequency spontaneous production of doubled haploid plants in microspore culture of Brassica rapa ssp. chinensis. *Euphytica*, 134, S. 239–245.
- GÜNTHART E. (1949). Beiträge zur Lebensweise und Bekämpfung von Ceutorhynchus napi. *Mitt. Schweiz. Ent. Gesell. Heft 5*, S. 441–591.
- HAARSTRICH F. & WERNER B. (2011). Versuche zur Rapsglanzkäferbekämpfung in Niedersachsen 2007–2010. *Beitrag zum DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz, Projektgruppe Raps*, 22.–23. Februar 2011, Braunschweig, unveröffentlicht.
- HEIMBACH U., MÜLLER A. & THIEME T. (2006). First steps to analyse pyrethroid resistance of different oil seed rape pests in Germany. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst*, 58, S. 1–5.
- HILTBRUNNER J., PELLET D. & BAUX A. (2010). Liste der empfohlenen Winterrapssorten für die Ernte 2011. *Agrarforschung Schweiz*, 1 (5), 6.2.1.

- HOFFMANN G. M. & SCHMUTTERER H. (1983). *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HÖHN H., HÖPLI H. U., GRAF B. (1996). Quassia und Neem: exotische Insektizide im Obstbau. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau*, 3, S. 62–63.
- HOKKANEN H., GRANLUND H., HUSBERG G. B. & MARKUKULA M. (1986). Trap crops used successfully to control *Meligethes aeneus* (Col., Nitidulidae), the rape blossom beetle. *Annales Entomologici Fennici*, 52, S. 115–120.
- HOKKANEN H., HUSBERG G. B. & SÖDERBLOM M. (1988). Natural enemy conservation for the integrated control of the rape blossom beetle *Meligethes aeneus* F. *Ann. Agric. Fenn.*, 27, S. 281–294.
- HOKKANEN H. M. T. (1989). Biological and agrotechnical control of the rape blossom beetle *Meligethes aeneus* (Coleoptera, Nitidulidae). *Acta Entomologica Fennica*, 53, S. 25–29.
- HOKKANEN H. M. T. (1993). Overwintering survival and spring emergence in *Meligethes aeneus*: effects of body weight, crowding, and soil treatment with *Beauveria bassiana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 67, S. 241–246.
- HOKKANEN H. M. T & LIPA J. J. (1995). Occurrence and dynamics of *Nosema meligethi* (Microsporidia) in populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera, Nitidulidae) in Finland. *Entomologica Fennica*, 6, S. 11–18.
- HOKKANEN H. M. T. (2006). Integrating insect pathogens into oilseed rape cropping systems. CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April 2006*.
- HOKKANEN H. M. T, ZEC-VOJINOVIC M., BÜCHS W., HUSBERG G-B, KLUKOWSKI Z. & LUIK A. (2006). Effectiveness of Entomopathogenic Nematodes in the Control of OSR Pests. *Proceedings of the MASTER Final Symposium*, Göttingen.
- INTRACHEM-BIO (2010). [http://www.intrachem-bio.de/documents/Nu-Film-P\\_Produktblatt.pdf](http://www.intrachem-bio.de/documents/Nu-Film-P_Produktblatt.pdf), 06.05.2010, 9:30 Uhr.
- IRAC (2009). [http://www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/Method\\_011\\_v3\\_june09.pdf](http://www.irac-online.org/wp-content/uploads/2009/09/Method_011_v3_june09.pdf), 30.09.2010, 08:30 Uhr.
- INFORMATION.MEDIEN.AGRAR (I.M.A) E.V. (2012). *3 Minuten Info Raps (Brassica napus)*. <http://www.ima-agrar.de/fileadmin/redaktion/download/pdf/materialien/raps.pdf>, 14.12.2012, 9.05 Uhr.
- ISIP (2012). [http://www.isip.de/coremedia/generator/isip/Infothek/Oelsaaten/Raps/Tierische\\_20Sc\\_haderreger/Rapsst\\_C3\\_A4ngelruessler/Rapsst\\_C3\\_A4ngelr\\_C3\\_BCssler.html](http://www.isip.de/coremedia/generator/isip/Infothek/Oelsaaten/Raps/Tierische_20Sc_haderreger/Rapsst_C3_A4ngelruessler/Rapsst_C3_A4ngelr_C3_BCssler.html), 17.12.2012, 11.30 Uhr.
- JOHNEN A. (2001). Optimierte Schädlingskontrolle im Frühjahr. Entscheidungsgrundlagen und Bekämpfungsstrategien. *Raps*, 19. Jg. (1), S. 2–5.
- JOHNEN A. & ULBER B. (2004). Perspektiven der Nützlingsschonung im Winterraps durch die Entwicklung von phänologischen Modellen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch.*, 396, S. 278–280.

- JOSSI W. & HUMPHRYS C. (2010). Einsatz von Hilfsstoffen zur Bekämpfung des Rapsglanzkäfers im ökologischen Landbau. *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September 2010. Julius-Kühn Archiv*, Band 428, S. 454–455.
- KAASIK R., KOVACS G., METSPALU L. & VEROMANN E. (2011). The attractiveness of wild cruciferous plants on the key parasitoids of *Meligethes aeneus*. *IOBC-working group meeting. Integrated control in oilseed crops. Göttingen, 4–6 Oktober 2011.* <http://wwwuser.gwdg.de/~iobc/downlaod/2011-abstracts-IOBC-WG-ICOC.pdf>, 03.11.2011, 14:30 Uhr.
- KALISCHUK A. R. & DOSDALL L. M. (2004). Susceptibilities of seven Brassicaceae species to infestation by the cabbage seedpod weevil (Coleoptera: Curculionidae). *The Canadian Entomologist*, 136, S. 265–276.
- KAUFMANN O. (1942). Über Reaktionen der schossenden Rapspflanze auf Rapsglanzkäferfrass und andere Schäden. *Zeitung für Pflanzenkrankheiten*, November 1942, S. 486–509.
- KAUFMANN O. (1925). Beobachtungen und Versuche zur Frage der Überwinterung und Parasitierung von Ölfruchtschädlingen aus den Gattungen *Meligethes*, *Phyllotreta*, *Psylliodes* und *Ceutorhynchus*. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft*, 12, S. 109–196.
- KIENZLE J., BATHON H., ZIMMER J., KLOPP K., RANK H., YAMADA K., ZEBITZ C. P. W., TERNES P. & VOGT H. (2003). Neue Ergebnisse zur Regulierung der Apfelsägewespe im Ökologischen Obstbau. *Öko Obstbau* 1/2003 [http://www.oekoobstbau.de/Dokumente/Z\\_1-03art.htm](http://www.oekoobstbau.de/Dokumente/Z_1-03art.htm), 28.01.2010, 15:15 Uhr.
- KIMBER D. S. & MC GREGOR D. I. (Editors) (1995). *Brassica oilseeds production and utilization*. McGregor CAB International, Wallingford, U.K.
- KLEINWÄCHTER, M. U. (2008). *Pflanzenbiologisch-biochemische Grundlagen zur pharmazeutischen Nutzung der Kapuzinerkresse (Tropaeolum majus L.)*. Dissertation. Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00022740>, 31.01.2013, 13.30 Uhr
- KLINGENHAGEN G., FURTH U. & JOHNNEN A. (2011). Kluge Konzepte gegen Rapsglanzkäfer & Co. *Top Agrar* 1/2011, S. 88–92.
- KOLBE H. (2004). Vergleich von Leguminosen und Ölpflanzen im ökologischen Landbau. Versuchsergebnisse. *Versuchsberichte der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 2003-2004*.
- KRAUSE U., KOOPMANN B. & ULBER B. (2006). Impact of rape stem weevil, *Ceutorhynchus napi*, on the early stem infection of oilseed rape by *Phoma lingam*. *Integrated control in oilseed crops*. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 29(7), S. 323–327.
- KREYE H. & KRULL A. (2009). Jetzt noch eine Wellness-Kur für Ihren Winterraps. *Top Agrar* 10/2009, S. 66–69.
- KREYE H. (2010). Ergebnisse zur Bekämpfung von Triebrüsslern und Rapsglanzkäfern. *Beitrag zum DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz, Projektgruppe Raps*, Februar 2010, Braunschweig, unveröffentlicht.
- KRÜGER M.-L. & ULBER B. (2009). Parasitierungsrate des Rapsglanzkäfers im Winterraps in Abhängigkeit von möglichen Einflussfaktoren. *Beitrag zum DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz, Projektgruppe Raps*, 17.–18. Februar 2009, Braunschweig, unveröffentlicht.

- KTBL (2010). *Ökologischer Landbau – Daten für die Betriebsplanung*, 1. Auflage, S. 321–325.
- KÜHNE S. (2003). <http://www.biosicherheit.de/de/raps/bienen/241.doku.html>, 07.01.2010, 13:10 Uhr.
- KÜHNE S., BURTH U. & MARX P. (2006). *Biologischer Pflanzenschutz im Freiland. Pflanzengesundheit im Ökologischen Landbau*. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- KÜHNE S. (2010). Regulierung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) mit biologischen Pflanzenschutzmitteln (Azadirachtin, B.t.t., Pyrethrum, Spinosad) und deren Nebenwirkungen auf Blattlausprädatoren im ökologischen Kartoffelanbau. *Journal für Kulturpflanzen*, 62 (9), S. 331–340.
- KÜHNE S. & ULBER B. (2006). Schädlingsbefall an Raps in Rein- und Mischfruchtanbau im ökologischen Landbau. *Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau – Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualitäten*. In: PAULSEN H.M. & SCHOCHOW M. (Hrsg.) *Landbauforschung Völkenrode FAL Agricultural Research. Sonderheft 309*.
- KÜNDIG C., AGUET L., BARRAS P., BEURET M. & BRANDT E. (2010). Colza/meligethes/poudre de roche/JU, VD 2010. Vortrag im Rahmen eines Treffen zur alternativen Rapsglanzkäferbekämpfung mit Gesteinsmehl am 08. November 2010 in der Schweiz beim FiBL, Frick, unveröffentlicht.
- KUSKE S. (2009). Potenzial insektenparasitischer Pilze zur Kontrolle von Rapsschädlingen. *Agroscope Versuche 2008/2009. Beitrag zur Ökorapstagung*, Klostergut Wiebrechtshausen am 12. Mai 2009, unveröffentlicht.
- KUSKE S., SCHWEIZER C. & KÖLLIKER U. (2011). Mikrobielle Rapsglanzkäferbekämpfung: Erste Erfahrungen aus der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz* 2 (10), S. 454–461.
- KWS (2008). *Winterraps. Anbauplaner*.
- LAMB R. J. (1989). Entomology of oilseed brassica crops. *Ann. Rev. Entomol.*, 34, S. 211–229.
- LANDSCHREIBER M. (2010). Raps: Wie Sie Schädlinge und Pilze gezielt ausschalten. *Top Agrar* 2/2010, S. 82–84.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW (2012). Schädlinge im Raps, Ratgeber 2012. [http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/pflanzenschutz/ackerbau/raps/sc\\_haedlinge-pdf.pdf](http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/pflanzenschutz/ackerbau/raps/sc_haedlinge-pdf.pdf), 17.12.2012, 9.00 Uhr.
- LARSEN L. M., NIELSEN J. K., PLÖGER A. & SØRENSEN H. (1985). Responses of some beetle species to varieties of oilseed rape and pure glucosinolates. In: SØRENSEN H. (Hrsg.) *Advances in the production and utilization of cruciferous crops. World crops: Production, utilization, description*, Vol. 11, S. 230–244, Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- LECHLER (2011). [http://www.lechler-agri.de/PDF/id\\_flyer\\_d.pdf](http://www.lechler-agri.de/PDF/id_flyer_d.pdf), 24.03.2011, 14:00 Uhr.
- LENDT S. (2011). <http://www.wetterstation-luebeck.de/>, 19.04.2011, 14:10 Uhr.
- LERIN J. (1993). Influence of the growth rate of oilseed rape on the splitting of the stem after an attack of *Ceutorhynchus napi* Gyll. *IPM in oilseed crops*. IOBC/WPRS BULLETIN, Vol. 16 (9), S. 160–163.

- LFL BAYERN (2011).  
[http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/merkblaetter\\_url\\_1\\_21.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/merkblaetter_url_1_21.pdf), 31.10.2011, 08:10 Uhr.
- LLH HESSEN (2011) [http://www.llh-hessen.de/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/raps/raps\\_insektizide.htm](http://www.llh-hessen.de/landwirtschaft/pflanzenbau/ackerbau/raps/raps_insektizide.htm), 10.10.2011, 11:00 Uhr
- LÜBKE-AL HUSSEIN M., AL HUSSEIN I. A., RÖßLER I., MÜLLER J. & PENCS S. (2010). Effekte unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren auf die epigäische und endogäische Fauna von Rapsfeldern (V-Standorte; Freistaat Sachsen). *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September 2010. Julius-Kühn Archiv*, Band 428, S. 99–100.
- LUCKHARDT J., WEERTH M. & SCHULZE-TOMBERGE U. (2008). Rapsblatt. *Ausgabe 3 April/Mai 2008*. SYNGENTA AGRO GMBH (Hrsg.). [http://www.syngenta-agro.de/syngenta\\_infos/pdf\\_dateien/raps\\_s/RapsBlatt\\_3\\_2008.pdf](http://www.syngenta-agro.de/syngenta_infos/pdf_dateien/raps_s/RapsBlatt_3_2008.pdf), 08.01.2010, 10:35 Uhr.
- LUIK A., VEROMANN E., KEVVAI R. & KRUUS M. (2006). A comparison of the pests, parasitoids and predators on winter and spring oilseed rape in Estonia. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3–5 April*.
- MASON N. S., FERGUSON A. W., HOLDGATE R., CLARK S. J. & WILLIAMS I. H. (2006). The effect of soil tillage on summer predator activity in a winter oilseed crop. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April*.
- MATERIAL FACT SHEET SPINOSAD (2011). *ORGANIC RESOURCE GUIDE*, S. 140–146. <http://web.pppmb.cals.cornell.edu/resourceguide/pdf/mfs13.pdf>, 16.11.2011, 11:05 Uhr.
- MAUCHLINE A. L., OSBORNE J. L., MARTIN A. P., POPPY G. M. & POWELL W. (2005). The effects of non-host plant essential oil volatiles on the behaviour of the pollen beetle *Meligethes aeneus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114, S. 181–188.
- MEYERCORDT A. & MÜCKE M. (2007). Versuchsbericht. Versuche im ökologischen Winterrapsanbau. Versuchsjahr 2007. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN.
- MICHEL M. (2010). Der Rapsglanzkäfer fordert die Kreativität. *Gemüse 2/2010*, S. 14–17.
- MÖLLER K. (2010). Winterraps: Saat für feine Samen. *Top Agrar* 8/2010.
- MÜLLER A., HEIMBACH U. & THIEME T. (2011). Aktuelle Ergebnisse zur Pyrethroidresistenz bei Rapsglanzkäfern und Rapserdflöhen und zur Sensitivität der Rüssler. *Beitrag zum DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz, Projektgruppe Raps*, 22.–23. Februar 2011, Braunschweig, unveröffentlicht.
- NEUMANN N. & ULBER B. (2010). Effekte der Insektizidbehandlung im Winterraps auf die Parasitoide von *Meligethes aeneus* und *Ceutorhynchus* spp.. *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September 2010. Julius-Kühn Archiv*, Band 428, S. 283–284.

- NILSSON C. (1994). *Pollen beetles (Meligethes spp.) in oil seed rape crops (Brassica napus L.): Biological interactions and crop losses*. Dissertation. In: AVHANDLINGAR - SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, INSTITUTIONEN FOER VAEXTSKYDDSVETENSKAP (SWEDEN). 1104-7682, no. 1, no. 1 / Alnarp (Sweden), SWEDISH UNIV. OF AGRICULTURAL SCIENCES, DEPT. OF PLANT PROTECTION SCIENCES.
- NILSSON C. (2004). Trap plants to avoid insecticide application against pollen beetles in oilseed rape. *Integrated Protection in Oilseed Crops*. IOBC/WPRS BULLETIN Vol. 27 (10), S. 215–221.
- NITZSCHE O. (1998). *Auftreten und Effizienz von Parasitoiden als natürliche Gegenspieler von Schadinsekten in Winterraps unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach Winterraps*. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- NOLTE H.-W. (1959). Untersuchungen zum Farbensehen des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.). *Biol. Zbl.*, 78, S. 63–107.
- NUSS H. & ULBER B. (2001). Befallsentwicklung des Rapserdflohs bei unterschiedlichen Aussaatstärken von Winterraps. *Raps*, 19, S. 126–128.
- NUSS H. (2004). *Einfluss der Pflanzendichte und -architektur auf Abundanz und innerpflanzliche Verteilung stängelminierender Schadinsekten in Winterraps*. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. <http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0006-AB2E-7>, 31.01.2013, 13.40 Uhr
- NUSS H. & ULBER B. (2007). Rapsstängelrüssler- und Kohltriebrüsslerbefall. Bedeutung bei verringerter Bestandesdichte von Winterraps. *Raps*, 25, S. 163–165.
- OFORI A. (2007). *Genetic diversity on SSR markers, heterosis and yield performance of Brassica rapa for biomass production*. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen. <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2008/ofori/ofori.pdf>, 31.01.2013, 13.20 Uhr
- OMURA H., HONDA K. & HAYASCHI N. (1999). Chemical and chromatic bases for preferential visiting by the cabbage butterfly, *Pieris rapae*, to rape flowers. *J. Chem Ecol*, 25, S. 1895–1906.
- PASQUALINI E., CIVOLANI S. & GRAPPADELLI L. C. (2002). Particle Film Technology: approach for a biorational control of *Cacopsylla pyri* (Rhynchotha Psyllidae) in northern Italy. *Bulletin of Insectology*, 55 (1–2), S. 39–42.
- PAULSEN H. M., SCHOCHOW M., ULBER B., KÜHNE S. & RAHMANN G. (2006). Mixed cropping systems for biological control of weeds and pests in organic oilseed crops. *Aspects of Applied Biology*, 79, S. 215–219.
- PAULSEN H. M., SCHÄDLICH O. & OPPERMANN R. (2007). Dezentrale Pflanzenölerzeugung und –nutzung auch in ökologischen Betrieben? *Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, 20.–23. März* [http://orgprints.org/9362/1/9362\\_Paulsen\\_Vortrag.pdf](http://orgprints.org/9362/1/9362_Paulsen_Vortrag.pdf), 20.12.2012, 12.05 Uhr.
- PAULSEN H. M., GRUBER H., KÜHNE S., MATTHÄUS B., PSCHIEDL M., REENTS H. J., SCHOCHOW M., SCHÜMANN U., SELING S., STEPHAN M., ULBER B., VOGT KAUTE W. & WICHMANN V. (2008). *Lebensmittel Energie : 7. Fachtagung am 20. und 21. November 2008 in Dresden*: SÄCHSISCHE LANDESSTIFTUNG NATUR UND UMWELT, S. 22–28.



- PAVELA R., KAZDA J. & HERDA GERHARD (2009). Effectiveness of Neem (*Azadirachta indica*) insecticides against Brassica pod midge (*Dasineura brassicae* Winn.). *J. Pest Sci.*, 82, S. 235–240.
- PETTERSON, B., WALLENHAMMAR, A.-C. & SVARÉN, A. (2002). Organic Production of oilseed rape in Sweden. *Proceedings of the 14th IFOAM World Congress*, S. 64.
- PILZ C. (2005). *Natürliches Auftreten insektenpathogener Pilze beim Rapsglanzkäfer (Meligethes aeneus) und Versuche der Eignung von Metarhizium anisopliae zur mikrobiellen Bekämpfung*. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien, 106 S.
- POLONSKY J. (1973). Quassinoid bitter principles. *Fortsch. Chem. Org. Naturst.*, 30, S. 101–150.
- PROKOP A. (2001). Spezifität und Nebenwirkungen auf Nutzorganismen von pyrethrinhaltigen Pflanzenschutzpräparaten. In: KÜHNE S. (2001). *Azadirachtin und Pyrethrine; Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt 76*, Saphir Verlag, D-Ribbesbüttel, S. 66–67.
- PROPLANTA (2006 a).  
<http://www.proplanta.de/Raps/themen.php?MRID=1202570037&MLF1=1140269007&MLID=1200331219&MHID=6&MUID=5&MOID=1&MOF1=1200149696&Fu1Gr1=1142936052&&T=1243555794&&Fu1=1181473174&Fu1Ba=1140269007&ALPHA=&Fu1Gr1=1142936052>, 28.01.2010, 14:05 Uhr.
- PROPLANTA (2006 b).  
[http://www.proplanta.de/Raps/proplanta\\_header.php?katalogid=1150791272](http://www.proplanta.de/Raps/proplanta_header.php?katalogid=1150791272), 28.01.2010, 14:10 Uhr.
- PUTTERKA G. J., GLENN D. M. & PLUTA R. C. (2005). Action of particle films on the biology and behavior of pear psylla (Homoptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 98 (6), S. 2079–2088.
- REINBRECHT C., BÜCHSE A., BÖHNHARDT J., FRIEDT W., FUNK R., GERHARDT W., HAHN V., HANSMANN K., HÜBNER O., KLEY K., KLOTZ M., LUEHS W. W. & PIEPHO H. P. (2004). Vergleich der Anbaueignung verschiedener Ölpflanzenarten und -sorten für den Ökologischen Landbau unter den Aspekten Speiseölgewinnung und Eiweißquelle. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, Vol. 16, S. 133–134.
- RUPPEL R. F. (1983). Cumulative Insect-Days as an index of crop protection. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 76, S. 375–377.
- RUPPRECHT J. (2010). Strategien gegen Rapsschädlinge im Süden. *Top Agrar* 2/2010.
- RZEHAK H. & BASEDOW T. (1982). Die Auswirkungen verschiedener Insektizide auf die epigäischen Raubarthropoden in Winterrapsfeldern. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 55, S. 71–75. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey.
- SAGGAU B., GLOYNA K., GOEBEL G. & THIEME T. (2008). Resistenzuntersuchungen beim Rapsglanzkäfer – Wie testet man Fraßinsektizide? *Deutsche Pflanzenschutztagung, Kiel, 22.–25. September 2008. Mitt. Julius Kühn-Institut*, 417.
- SCHLIPF J. A. (2002). *Handbuch der Landwirtschaft. Ausgaben von 1898 und 1958 in einem Band*. Manuscriptum Verlagsbuchhandlung Waltrop und Leipzig.
- SCHMANDKE H. (2001). Spinosyne in Lebensmitteln. *Ernährungs-Umschau* 48, Heft 10, S. 402–406.
- SCHMUTTERER H. & HUBER J. (2005). *Natürliche Schädlingsbekämpfungsmittel*. Ulmer Verlag, Stuttgart.

- SCHRÖDER G., PÖLITZ B., WOLFF C. & KRÜGER B. (2009). Möglichkeiten der gezielten Bekämpfung von Pyrethroid-resistenten Rapsglanzkäferpopulationen – Ergebnisse von Ringversuchen mehrerer Bundesländer. *Gesunde Pflanzen* 61, S. 19–30.
- SCHUMANN W., SCHULZ R. R. & GRAF T. (2011). Qualitätsanforderungen an Raps bei dezentraler Verarbeitung [http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA\\_prod/LFA/content\\_downloads/Hefte/Heft\\_35/Schumann\\_Gerath.pdf](http://www.landwirtschaft-mv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content_downloads/Hefte/Heft_35/Schumann_Gerath.pdf) 10.10.2011, 14:45 Uhr.
- SCHUSTER M. (2006). Winterraps und Sommerraps im ökologischen Anbau. [http://orgprints.org/8973/1/20060314\\_SchusterPoster\\_OekLandbau\\_Winterraps.pdf](http://orgprints.org/8973/1/20060314_SchusterPoster_OekLandbau_Winterraps.pdf), 27.10.2011, 10:00 Uhr
- SCHWERDTFEGER F. (1979). *Demökologie*. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 2. Auflage.
- SMART L. E., BLIGHT M. M. & HICK A. J. (1996). Effect of visual cues and a mixture of isothiocyanates on trap capture of Cabbage Seed weevil, *Ceutorhynchus assimilis*. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 23, 4, S. 889–902.
- SPEISER B. (2007). EU-Projekt. Bewegung bei Betriebsmitteln für den Öko-Landbau? *Ökologie & Landbau*, 141, 1/2007, S. 47–48.
- STÄHLER (2010). <http://www.staehler.ch/web/de/produkte/surround.html>, 06.05.2010, 8.40 Uhr.
- STECHMANN D.-H. & SCHÜTTE F. (1976). Zur Ausbreitung des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.), Col., Nitidulidae vor der Überwinterung. *Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 49, S. 183–188.
- STOLL G. (1987). *Naturgemäßer Pflanzenschutz mit hofeigenen Ressourcen in den Tropen und Subtropen*. Verlag: J. Margraf, Aichtal.
- STRAUCH S. (2010). *Regulierung des Rapsglanzkäfers im ökologischen Landbau. Untersuchungen zum Einfluss von Rübsen als Fangpflanze*. AkademikerVerlag.
- SÜD-CHEMIE (2010). <http://www.sud-chemie.com/scmcms/web/binary.jsp?nodeId=6958&binaryId=8196&preview=&disposition=inline&lang=de>, 03.06.2010, 10:10 Uhr.
- SYLVEN E. & SVENSON G. (1974). Relationship between density of *Ceutorhynchus assimilis* Payk. (Col.) and damage by *Dasineura brassicae* Winn. (Cec.) in a cage experiment in summer turnip rape. *National swedish institute for plant protection. Contribution* Vol 16, Nr. 161, S. 53–60.
- TEEJET (2011). [http://www.teejet.com/media/fb25ed40-8381-4fab-9ae6-008a4dfc5fcb-012\\_CAT50\\_GERMAN\\_LR.pdf](http://www.teejet.com/media/fb25ed40-8381-4fab-9ae6-008a4dfc5fcb-012_CAT50_GERMAN_LR.pdf), 24.03.2011, 13:50 Uhr.
- TEM MEN (2011). <http://www.temmen.de/produkte/telmion.htm>, 29.03.2011, 14.40 Uhr.
- THIEME T., HEIMBACH U. & MÜLLER A. (2010). Chemical control of insect pests and insecticide resistance in oilseed rape. In: WILLIAMS I. (Hrsg.) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*, S. 313–336. PUBLIKATION DES JULIUS KÜHN-INSTITUTES (ISSN/ISBN: 978-90-481-3982-8).
- THIES C. & TSCHARNTKE T. (2000). Biologische Schädlingskontrolle durch Landschaftsmanagement. *Ökologie & Landbau* 115, 3/2000, S. 47–49.

- TÖLLE M. J. & ULBER B. (2011). Growth rate of beetle populations on different cultivars of oilseed rape. *IOBC-working group meeting. Integrated control in oilseed crops. Göttingen, 4.–6. Oktober 2011*. <http://www.user.gwdg.de/~iobc/download/2011-abstracts-IOBC-WG-ICOC.pdf>, 03.11.2011, 14:30 Uhr.
- TWARDOWSKI J. P. (2006). The effects of non-inversion tillage systems in winter oilseed rape on ground beetles (Coleoptera, Carabidae). In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April 2006*.
- UFOP (2009). *Rapsmagazin*. UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN E. V. (UFOP) (Hrsg.). [http://www.ufop.de/downloads/Rapsmagazin\\_2009\(1\).pdf](http://www.ufop.de/downloads/Rapsmagazin_2009(1).pdf), 29.03.2011, 11:50 Uhr.
- ULBER B. (2003). Parasitoids of Ceutorhynchid stem weevils. In ALFORD D.V. (Hrsg.) *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*, S. 87–95.
- ULBER B. & KÜHNE S. (2007). Schädlingsbefall von Raps in Rein- und Mischfruchtanbau im ökologischen Landbau. In: PAULSEN H. M. & SCHOCHOW M. (Hrsg.). *Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau – Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückung, Schaderregerbefall und Produktqualität*. Landbauforschung FAL, SH 309, S. 96–107.
- ULBER B. (2011). Untersuchungen zur Resistenz in Raps gegenüber dem Gefleckten Kohltriebrüssler (Ceutorhynchus pallidactylus (Mrsh.)). Abschlussbericht. <http://download.ble.de/01HS065.pdf>, 25.04.2011, 9:05 Uhr.
- VIETINGHOFF J. (1985). *Untersuchung zur Schadwirkung und Befallsprognose des Rapsglanzkäfers (Meligethes aeneus F.)*. Dissertation. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.
- VILLALOBOS R. (1995). *Distribucion de Quassia amara L. ex Blom en Costa Rica, y su relacion con los contenidos de cuasina y neocuasina (insecticidas naturales) en sus tejidos*. M.sc. thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- VON BONIN G. (2011). Rapsanbau im Ökologischen Landbau ist eine besondere Herausforderung. *Beitrag zur Ökorapstagung, Klostergut Wiebrechtshausen im Mai 2011*, unveröffentlicht.
- WASMANN E. (1926). Versuche über den Farbsinn des Rapsglanzkäfers (Meligethes aeneus F.). *Zeitschr. Wiss. Ins. Biol.*, 21, S.147.
- WEGOREK P., MROWCZYNSKI M. & ZAMOJSKA J. (2009). Resistance of pollen beetle (Meligethes aeneus F.) to selected active substances of insecticides in Poland. *Journal of plant protection research*, Vol. 49, No. 1, S. 119–127.
- WEIHER N. (2007). *Regulierung von Rapsschädlingen im Ökologischen Landbau mit neem- und pyrethrumhaltigen Pflanzenschutzmitteln sowie Sonnenblumenöl*. Diplomarbeit.
- WEIHER N., KÜHNE S., BÖHM H., HEIMBACH U., HOFFMANN H. & MOLL E. (2007). Regulierung von Rapsschädlingen im Ökologischen Landbau mit neem- und pyrethrumhaltigen Pflanzenschutzmitteln sowie Sonnenblumenöl. *Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst*, 59 (9), S. 211–216.

- WEIHRAUCH F., SCHWARZ J. & ENGELHARD B. (2007). Einsatz von Quassia zur Bekämpfung der Hopfenblattlaus *Phorodon humuli* in der Sonderkultur Hopfen. 12. Fachgespräch zum Thema „Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und innovativer Verfahren im Ökologischen Landbau – Neue Wirkstoffe und Applikationstechnik“, Braunschweig, 27. September 2007. In: KÜHNE S.; GANZELMEIER H. & FRIEDRICH B. *Pflanzenschutz im ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze – 12. Fachgespräch zum Thema „Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und innovativer Verfahren im Ökologischen Landbau – Neue Wirkstoffe und Applikationstechnik“*, BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (BBA), Braunschweig, S. 53–60.
- WILLIAMS I. H., MARTIN A. P. & KELM M. (1987 a). The phenology of the emergence of brassica pod midge (*Dasineura brassicae* Winn.) and its infestation of winter oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 108, S. 579–589.
- WILLIAMS I. H., MARTIN A. P. & KELM M. (1987 b). The phenology of the emergence of brassica pod midge (*Dasineura brassicae* Winn.) and its infestation of spring oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, 109, S. 309–314.
- WILLIAMS I. H. & FREE J. B. (1979). Compensation of oil-seed rape (*Brassica napus* L.) plants after damage to their buds and pods. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, Vol. 92, S. 53–59.
- WILLIAMS I. H., BÜCHS W., HOKKANEN H., MENZLER-HOKKANEN I., JOHNEN A., KLUKOWSKI Z., LUIK A., NILSSON C. & ULBER B. (2002). MASTER: Management Strategies for European Rape Pests - a new EU Project. *The BCPC Conference, Pests & Diseases, Brighton, 18–21 November 2002*, S. 641–646.
- WILLIAMS I. H. (2004). Advances in insect pest management of oilseed rape in Europe. In: HOROWITZ A.R. & ISHAAYA I. (eds.) *Insect Pest Management*, Springer Verlag Berlin-Heidelberg, S. 181–208.
- WILLIAMS I. H., BUTT T. M., CARRECK N. L., IBRAHIM L., ISGER E. & PELL J. K. (2006 a). Bee-mediated infection of inflorescence pests of oilseed rape by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April*.
- WILLIAMS I. H., WARNER D. J. & FERGUSON A. W. (2006 b). The within-field spatio-temporal distributions of target pest larvae and their key predators in the UK. In: *MASTER – Integrated pest management strategies incorporating bio-control for European oil-seed rape pests (QLK-CT-2001-01447), final report*, pp. 80–95. <http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/pie/master/master.htm>.
- WILLIAMS I. H., & COOK S. M. (2010). Crop location by oilseed rape pests and host location by their parasitoids. In: WILLIAMS I. H. (Hrsg.) *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, S. 313–336.
- WILMER H. (2011). Düsentchnik: Entscheidende Schnittstelle. *Profi 2/2011*.
- WYSS E. & DANIEL C. (2004). Effects of autumn kaolin and pyrethrum treatments on the spring population of *Dysaphis plantaginea* in apple orchards. *J. Appl. Ent.* 128, S. 147–149.

- ZHANG G. Q., TANG G. X., SONG W. J. M & ZHOU W. J. (2004). Resynthesizing Brassica napus from interspecific hybridization between Brassica rapa and B. oleracea through ovary culture. *Euphytica*, 140, S. 181–187.
- ZEC-VOJINOVIC M. & HOKKANEN H. M. T. (2006). Natural occurrence of pathogens of oilseed rape pests in agricultural fields in Europe. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April 2006*.
- ZEC-VOJINOVIC M., MENZLER-HOKKANEN I. & HOKKANEN H. M. T. (2006). Application strategies for entomopathogenic nematodes in the control of oilseed rape pests. In: CD-ROM *Proceedings of international symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape: International symposium on Integrated Pest Management in oilseed rape, Paulinerkirche, Göttingen, Germany, 3rd–5th April 2006*.
- ZEHNDER G., GURR G. M., KÜHNE S., WADE M. R., WRATTEN S. D. & WYSS E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, S. 57–80.
- ZELLNER M. (2011). Mehrjährige Versuchsergebnisse zur Rapsglanzkäfer Bekämpfung. *Beitrag zum DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz, Projektgruppe Raps*, 22.–23. Februar 2011, Braunschweig, unveröffentlicht.
- ZIMMER C. T. & NAUEN R. (2010). Baselinestudien zu Thiacloprid an europäischen Populationen von *Meligethes aeneus* F. (Coleoptera: Nitidulidae) in Winterraps. *Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 6.–9. September 2010. Julius-Kühn Archiv*, Band 428, S. 196.
- ZOTZ A. (2011). Dow Agro Science, München, schriftliche Mitteilung vom 11.10.2011.

## **10. EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben.

Wuppertal, den